



Универзитет “Св. Кирил и Методиј”

ФАКУЛТЕТ ЗА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ИНФОМАЦИСКИ
ТЕХНОЛОГИИ

Институт за компјутерска техника и информатика

Благој Делипетрев

**МОДЕЛ НА ХИДРО-ИНФОРМАЦИОНЕН
СИСТЕМ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

Докторска теза

Скопје, 2011

Ментор: Проф.д-р Драган Михајлов

Факултет за електротехника и информациски технологии

Комисија:

1. Проф. д-р Сузана Лошковска, претседател,
Факултет за електротехника и
информациски технологии – Скопје.
2. Проф. д-р Драган Михајлов, ментор,
Факултет за електротехника и
информациски технологии – Скопје.
3. Проф. д-р Дејан Ѓорѓевиќ, член,
Факултет за електротехника и
информациски технологии – Скопје.
4. Вонр. проф. д-р Коста Митревски, член,
Факултет за електротехника и
информациски технологии – Скопје.
5. Доц. д-р Иван Чорбев, член,
Факултет за електротехника и
информациски технологии – Скопје.

Датум на одбрана:

Датум на промоција:

Докторскиот труд е од областа на техничките науки.

Посвета:

*На мојата фамилија и сите пријатели што помогнаа
во изработката на докторската теза.*

М.р. Благој Делипетрев

Докторска теза: Модел на хидро-информационен систем на Република Македонија

Абстракт

Докторската теза истражува и развива прототип облак апликација за хидро-информационен систем. Мотивацијата за изградба на хидро-информациониот систем се три главни идеи: (1) облак, (2) развојот на веб географските информации системи (ГИС), (3) водата како неопходен ресурс. Основната цел е да се користи веб пребарувач, додека сите сервиси, податоци и апликации да бидат во облакот.

Потребата од вода во Република Македонија е во континуиран раст со зголемувањето на населението, стандардот на населението, развивањето на индустријата и производството на храна. Основна компонента во интегрираниот менаџмент на водните ресурси е развивање на хидро-информационен систем кој претставува платформа за развивање на апликации за ефикасно и праведно распределување на водните ресурси помеѓу корисниците. Долготрајната истражувачка и апликативна работа во ГИС, воведувањето на облак технологиите, развивањето на прототип веб базирани софтверски решенија и решавање на проблемите поврзани со водните ресурси беа доволен предизвик за изработка на моделот на хидро-информационен систем на Република Македонија.

Консеквентно, во докторската теза е развиена и имплементирана прототип облак апликација за хидро-информационен систем составена од веб сервиси и додатни софтверски компоненти:

- 1) Релациона база на податоци HMap развиена во PostgreSQL и PostGIS во која се складираат сите геопросторни и останати податоци за хидро-информациониот систем на Република Македонија.
- 2) Веб сервис Геосервер - задолжен за прикажување и менаџмент на векторските мапи и геоподатоци од HMap (1). Основна задача на Геосерверот е меѓуслој апликација наменета да ги абстрахира дистрибуираните податочни извори и да креира платформа за пристап до геопросторните податоци од страна на создадените сервиси на хидро-информациониот систем.
- 3) Апликација за оптимизација на водните ресурси ДП креирана со користење на алгоритмот за динамичко програмирање во Java.
- 4) Веб сервис апликација за оптимизација на водните ресурси која е составена од претходно развиената апликација (3), форми за внесување податоци и презентирање на резултатите на интернет.

- 5) Веб сервис за моделирање на водни ресурси базиран на OpenLayers библиотеката која ги подржува OGC стандардите за геопросторни веб сервиси. Сервисот е поврзан со Геосерверот (2) и со користење на протоколите WMS и WFS врши внесување, менување, зачувување на геоподатоците и моделирање на водните ресурси.
- 6) Интеграција на сите претходно наведени компоненти (1-5) во облак апликацијата за хидро-информационен систем на Република Македонија.

Дизајнот на хидро-информациониот систем е на две основни парадигми кои се меѓусебно поврзани, облак и сервис ориентираната архитектура. Хидро-информациониот систем е целосно веб базиран овозможувајќи обработка на податоци и пристап до сервисите независно од физичката локација. Дефинираните три главни сервиси (реден број 2,4,5) се претставени на два веб интерфејси. Веб сервисите даваат можност за менаџирање со мапите и податоците, моделирање на водните ресурси и нивна оптимизација. Облак апликацијата е изградена со користење на неколку програмски јазици (JavaScript, AJAX, PHP, Java), додатни апликации (Eclipse, Geoserver, PostgreSQL, PostGIS), библиотеки (OpenLayers), геопросторни стандарди (OGC), протоколи (WMS, WFS) и друго. Компонентите и софтверските пакети кои се користат во развојот на хидро-информациониот систем се отворен код.

Хидро-информациониот систем претставува облак платформа за развивање на специјализирани апликации. Дизајнот и составните компоненти на системот овозможуваат негова лесна надградливост, интероперабилност, хетерогеност, дистрибуираност и скалабилност.

Претставениот хидро-информационен систем е успешно применет во моделирање на хидро системот Злетовица. Моделирањето на хидро системот Злетовица ја покажа неговата функционалност и можноста да се користи како основа за понатамошен развој на хидро-информациониот систем на Република Македонија.

Клучни зборови: хидро информационен систем, информациони системи, моделирање на водни ресурси, ГИС, веб сервиси, геопросторни веб сервиси, геопросторни податоци, оптимизација на водни ресурси, динамичко програмирање, развивање на апликации.

Abstract

Doctoral thesis research and develop prototype cloud application for a hydro information system. Motivations for development of the hydro-information system are three main ideas: (1) cloud application, (2) development of web geographic information systems (GIS) and (3) water as essential resource. Major goal is to use web browser while all services, data and applications are in the cloud.

Water requirements in the Republic of Macedonia are continuously growing with the increasing of population, industry and food production. Fundamental component of integrated water management is development of a hydro information system that is used as a platform for development of applications, which will allow efficient and justified distribution of water between different users. Previous experience, research and development of application in GIS, new cloud technologies, development of prototype web application and dealing with water related problems are challenges for the creation of the hydro information system of the Republic of Macedonia.

Consequently in the doctoral thesis is developed and implemented prototype cloud application for hydro information system composed of web services and additional software components:

- 1) Relational database HMak created in PostgreSQL and PostGIS that stores all geospatial and other types of data of the hydro information system.
- 2) Web service Geoserver – developed for presentation and management of vector maps and geospatial data from HMak (1). Important role of Geoserver is as a middle layer application that abstracts distributed data sources and creates a platform for access of geospatial data to created services of the hydro information system.
- 3) Application for optimization of water resources DP, developed using dynamic programming algorithm in Java.
- 4) Web service for optimization of water resources composed of the previous developed application (3), forms for entering data and presenting results on internet.
- 5) Web service for modeling of water resources based on OpenLayers JavaScript mapping library that support OGC standards for geospatial web services. Service is linked to Geoserver (2) and using protocols (WMS, WFS) enters, modify and saves geospatial data and creates model of water resources.
- 6) Integration of all previous components and services (1-5) into the cloud application of the hydro information system of the Republic of Macedonia.

Design of the hydro-information system is founded on two paradigms that are closely related, cloud and service oriented architecture. Hydro information system is web based that enables data processing and access to services independent from the physical location. The defined three services (list 2, 4, 5) are presented on two web interfaces. Web services give opportunity for managing maps and data, modeling of the water resources and their optimization. Cloud application is build using several programming languages (JavaScript, AJAX, PHP, Java), additional applications (Eclipse, Geoserver, PostgreSQL, PostGIS), libraries (OpenLayers), geospatial standards (OGC), protocols (WMS, WFS) and others. Components and software packages used in the development of the hydro information system are open source.

Hydro information system is a cloud platform for development of a specialized application. Design and system components allow easy upgrade of the system and its interoperability, heterogeneous, distribution and scalability.

Created hydro information system is successfully applied in modeling of the hydro system Zletovica. Modeling of the hydro system Zletovica shows that it can be used as foundation for a further development of the hydro information system of the Republic of Macedonia.

Keywords: hydro information system, information systems, water resource modeling, GIS, web services, geospatial web services, geospatial data, water resources optimization, dynamic programming, application development.

Содржина

Абстракт.....	4
Abstract.....	6
Содржина.....	8
Листа на слики:	11
Листа на табели:.....	14
1. Вовед.....	15
1.1 Мотивација	18
1.2 Истажувачки прашања.....	19
1.3 Цели на истражувањето	20
1.4 Преглед на поглавјата	21
2 Географски информации системи (ГИС).....	23
2.1 Историјат и развој на ГИС	23
2.2 Репрезентација на географските податоци	26
2.2.1 Растер мапи.....	27
2.2.2 Вектор мапи.....	32
3. Веб географски информации системи.....	35
3.1 Основи на веб ГИС	35
3.2 Стандарди за геопросторни веб сервиси.....	39
3.2.1 Веб сервис стандарди	40
3.2.2 Геопросторни веб сервис стандарди.....	41
4 Модел на хидро-информационен систем на Република Македонија.....	45
4.1 Дизајн на моделот на хидро-информациониот систем.....	45

4.1.1	Облак.....	46
4.1.2	Сервис ориентирана архитектура (COA).....	50
4.2	Софтверски компоненти и технологии	53
4.3	Архитектура на хидро-информациониот систем	58
5	Развивање на апликација за оптимизација на водните ресурси на хидро-информациониот систем	61
5.1	Истражувања за оптимизација на водните ресурси.....	61
5.2	Дефинирање на проблемот.....	62
5.3	Динамичко програмирање.....	67
5.4	Развивање на апликација за оптимизација на водни ресурси со користење на алгоритмот за динамичко програмирање во Java.....	69
6	Развивање на веб апликации за Хидро-информациониот систем	75
6.1	Креирање на геопросторна релациона база на податоци Хидро-База	75
6.2	Креирање на сервис за менаџирање на геопросторни податоци Геосервер	82
6.3	Развој на сервис за моделирање на водни ресурси	86
6.4	Развој на сервис за оптимизација на водни ресурси со користење на динамичко програмирање	90
6.5	Интегрирање на развиените веб сервиси во облак апликација за хидро-информационен систем на Република Македонија	93
7	Развивање на хидро-информационен систем на ХС Злетовица.....	94
7.1	Генерални карактеристики на хидро-системот Злетовица	94
7.2	Потреби за вода	98
7.2.1	Потреби на вода за водоснабдување на населението	98
7.2.2	Потреби за вода за наводнување	99
7.3	Имплементација на хидро-информациониот систем Злетовица	102

7.4	Симулација и оптимизација на ХС Злетовица во хидро-информациониот систем	106
8	Дискусија и заклучоци	115
8.1	Тестирање и дискусија на хидро-информациониот систем на Република Македонија.....	115
8.2	Одговори на истражувачките прашања	120
8.3	Заклучок	123
8.4	Препораки за понатамошно истражување	125
9	Референци.....	128
10	Прилог 1	132
11.	Прилог 2.....	148

Листа на слики:

Слика 2.1.Развојот на ГИС	26
Слика 2.2 Моделирање на реалноста во ГИС	27
Слика 2.3 Растер мапи	28
Слика 2.4 Растер мапа од Google Earth што се користи како основа.....	29
Слика 2.5 Топографска растер мапа на Република Македонија	29
Слика 2.6 Климатски типови на североисточна Македонија	30
Слика 2.7 Растер мапа како атрибут на објект.....	31
Слика 2.7 Објект точка во ГИС	32
Слика 2.8 Објект полилинија во ГИС	33
Слика 2.8 Објект регион во ГИС	34
Слика 3.1 Веб ГИС.....	36
Слика 3.2 Архитектура на геопросторни веб сервиси	38
Слика 3.3 Облак ГИС	39
Слика 3.4 Преглед на веб сервисите	40
Слика 3.5 Стандардни геопросторни веб сервиси.....	42
Слика 3.6 Генерална архитектура на OGC геопросторните веб сервиси.....	43
Слика 4.1 Облак	46
Слика 4.2 Сроеви во облакот	47
Слика 4.3 Дизајнирање на системи со користење на COA.....	50
Слика 4.4 Основен COA концепт	51
Слика 4.5 COA споредено со 3-слојната архитектура	52
Слика 4.6 Комерцијални и софтверски компоненти со отворен код.....	54
Слика 4.7 Можни софтверски пакети и технологии	55

Слика 4.8 Генерална архитектура на хидро-информациониот систем.....	58
Слика 5.1. Оптимална операција на резервоар со користење на повратна врска..	63
Слика 5.2 Пребарување по сите можни состојби на системот (exhaustive search).	69
Слика 5.3 Влезни податоци во апликацијата за оптимизација на водни ресурси ..	70
Слика 5.4 Модел на резервоар кој се користи во алгоритмот за динамичкото програмирање.....	70
Слика 5.5 Оптимална крива на резервоар	74
Слика 6.1 Внесување на геопросторните податоци на Република Македонија во базата на податоци НМаk.....	76
Слика 6.2 НМаk геопросторна релациона база на податоци.....	77
Слика 6.3 Креирање на векторските мапи за моделирање на водни ресурси.....	82
Слика 6.4 Преглед на мапите во геосервер	83
Слика 6.5 Приказ на гео-податоците од Геосервер на интернет.....	85
Слика 6.6 Облак апликација за хидро-информационен систем на Република Македонија	86
Слика 6.7 Дефинирање на мапите кои се прикажуваат на веб сервисот.....	87
Слика 6.8 Внесување на нова полилинија река комуникацијата XML	89
Слика 6.9 Форма за внесување/читање на атрибутни податоци за објект од мапата река.....	90
Слика 6.10 Веб сервис за оптимизација на водени ресурси	91
Слика 6.11 Форма за внесување на податоци за оптимизација на водни ресурси .	91
Слика 6.12 Излез од сервисот за оптимизација на водни ресурси.....	92
Слика 6.13 Облак апликација за хидро-информационен систем на Република Македонија	93
Слика 7.1 Географска положба на ХС Злетовица.....	95
Слика 7.2 Попис на земјоделски култури.....	100

Слика 7.3 Потреби од вода за наводнување од 1961 до 2005 година	101
Слика 7.4 Вкупни потреби за вода во 2000 год	101
Слика 7.5 Реки од сливот на Злетовица.....	102
Слика 7.6 Форма за внесување на атрибутите на селектираниот објект река	103
Слика 7.7 Модел на ХС Злетовица.....	104
Слика 7.8 Приказ на реките од Злетовица преку веб апликацијата Геосервер	104
Слика 7.9 Мапите од системот злетовица во uDig	105
Слика 7.10 Дотек и потреби за вода од резервоарот Кнежево	106
Слика 7.11 График од првата симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево	108
Слика 7.12 График за СКД за првата симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево.	109
Слика 7.13 График од втората симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево	110
Слика 7.14 График за СКД за втората симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево.	111
Слика 7.15 График од третата симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево	112
Слика 7.16 График за СКД за третата симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево.	113
Слика 8.1 Мапа на реки во Република Македонија.....	116
Слика 8.2 Мапа на регионални патишта во Република Македонија	116

Листа на табели:

Табела 5.1 Влезни податоци во апликацијата ДП	73
Табела 5.2 Резултати од апликацијата ДП.....	73
Табела 6.1 Атрибути на објектот реки.....	78
Табела 6.2 Атрибути на објектот канали.....	78
Табела 6.3 Атрибути на објектот резервоари.....	79
Табела 6.4 Атрибути на објектот корисници	79
Табела 6.5 Атрибути на објектот дотек на вода.....	80
Табела 6.6 Атрибути на објектот земјоделско земјиште	81
Табела 6.7 Податочни извори во Геосервер.....	84
Табела 6.8 Алатки за обработка на геопросторни податоци	88
Табела 6.9 Табела за потребите за вода - изглед на CVS фајлот.....	92
Табела 7.1 Наводнувани површини и објекти за наводнување.....	97
Табела 7.2 Технички карактеристики на ХЕЦ Злетово I,II и III.....	98
Табела 7.3 Потреби за вода за водоснабдување.....	99
Табела 7.4 Влезни податоци за поплави и рекреација во првата симулација.....	107
Табела 7.5 Дискретизација на волуменот на резервоарот Кнежево	108
Табела 7.6 Сумарни резултати од првата симулација и оптимизација	109
Табела 7.7 Сумарни резултати од втората симулација и оптимизација.....	111
Табела 7.8 Сумарни резултати од третата симулација и оптимизација	113
Табела 8.1 Сумарни резултати од првото тестирање	117
Табела 8.2 Сумарни резултати од второто тестирање.....	118

1. Вовед

Низ историјата сме сведоци на се поголемата потреба од сигурен, квалитетен и достапен извор на вода потребен за домашните потреби, земјоделието и индустријата. Потребите за вода на светско ниво се многукратно зголемени во последните декади што преставува голем социјален, економски и еколошки проблем. Менаџерите на водните системи имаат тешка задача да ги задоволат различните и често конфликтни потреби на населението, индустријата, земјоделието, производството на енергија, потребите за рекреација, намалување на поплавите и сушите, хидролошки режим за здрав развој на екосистемот итн. Додатна потешкотија се неизвесноста во природните процеси (врнежи, температура) како и зголемените потреби за вода поради зголемувањето на стандардот на живеење, промените во користењето на земјата, климатските промени и новите технологии. Прашањето е како да се развијат и управуваат водните системи - од мали речни базени па се до регионални и државни базени на начин што ги задоволува корисничките потреби и цели т.е како системите за водни ресурси да бидат интегрирани и одржливи. Успешното менаџирање со водните ресурси бара долготрајно планирање базирано на технички, економски, социјални и еколошките аспекти.

Планирањето, дизајнирањето и менаџирањето на водните ресурси се врши со нивно моделирање. Потребно е да се согледаат можностите и ограничувањата во моделирање на водните ресурси и репрезентацијата на системот. Структурата на моделот, влезните податоци, целите и други претпоставки поврзани со функционирањето на реалниот систем често се контроверзни или неизвесни. Идните настани се непознати и секоја претпоставка за нив влијае на излезот од моделот т.е неговото предвидување. Во последните години со напредокот во компјутерските и комуникациските технологии постои огромен напредок во можностите за моделирање на инженерски, економски, социјални, еколошки,

хидролошки и институционални импликации на комплексни и мултифункционални водни системи. Моделирањето на водните ресурси придонесе за подобрување на дизајнот, имплементацијата и менаџирањето, како и нашето знаење и разбирање за системот.

Хидро системите се комплексни структури кои вклучуваат повеќе независни физички, биохемиски, еколошки, социјални и политички процеси кои одлучуваат во нивното менаџирање. Сите овие процеси содржат непознати величини кои се под влијание на непредвидливи промени што директно влијаат на системот на водни ресурси. Моделите преставуваат поедноставена репрезентација на реалните системи. Одредени особини на системот зависно од целите и нивната важност се репрезентирани во моделот. Моделот е ограничен од бројот на варијабли и процесираните лимити на компјутерските системи. Основен проблем кај моделирањето е недоволното разбирање на процесите и нивната интеракција во реалните системи. Успешното дизајнирање и имплементирање на моделот зависи од знаењето, времето, финансиските средства а можеби најмногу од нашето разбирање на реалниот систем и процесите во него.

Развивањето на модели бара знаење за системот кој се моделира, целите кои треба да се постигнат, информациските потреби, аналитички и програмски знаења. Моделите се базираат на голем број претпоставки и апроксимации кои често можат да бидат доведени во прашање. Менаџерите на водните ресурси ги донесуваат финалните одлуки кои можат или не мора да бидат под влијание на резултатите од моделот. Моделирањето е основа за подобра информираност и разбирање на системот.

Потребата од чиста вода во Република Македонија е во континуиран раст со зголемувањето на стандардот на населението, развивањето на индустријата и производството на храна. Регионот на Македонија се наоѓа во зона на континентална клима карактеризирана со дождливи и ладни зимски периоди и долги топли и сушни лета. Најголемиот дел од врнежите паѓаат во текот на есента, зимата и раната пролет додека во летата се значително намалени. Задоволувањето на потребите за вода во летниот период е од големо значење. Освен водата за наводнување потребно е задоволување на потребите на населението, индустријата, производството на енергија, екологијата и другите

корисници. Различните корисници често имаат различни и спротивставени концепти за користење на водните ресурси и развој на системот.

Основа во интегрираниот менаџмент на водните ресурси е развивање на хидро-информационен систем. Хидро-информациониот систем е платформа за развивање на апликации за ефикасно и праведно распределување на водните ресурси помеѓу корисниците. Специјализираните апликации заедно со хидро-информациониот систем ги моделираат лимитираните водни ресурси и даваат сценарија за намалување на ризикот од суши и поплави, контрола на квалитетот на водата и задоволување на потребите на населението, индустријата, земјоделието, производство на електрична струја итн.

Моделот на хидро-информационен систем на Република Македонија презентира во овој докторски труд е развиен користејќи ги најсовремените информациски технологии и софтверски решенија. Хидро-информациониот систем е (Cloud) облак апликација составена од веб сервиси и неколку главни компоненти:

- (а) Релациона база на податоци "НМак" изградена во PostgreSQL и PostGIS за зачувување на геопросторни и други информации.
- (б) Веб сервис апликација Геосервер за менаџирање и пристап до геопросторните податоци од релационата база " НМак " и други извори на информации.
- (в) Апликација ДП за оптимизација на водни ресурси со користење на алгоритмот за динамичко програмирање изработена во Java.
- (г) Веб сервис апликација за оптимизација на водни ресурси која е составена од форми за внесување на податоци, компонентата (в) и приказ на резултатите.
- (д) Веб сервис апликација за моделирање на водни ресурси која е составена од компонентите (а) и (б) и сопствен развиен код кој дава можност за внесување менување, зачувување и прикажување на геопросторни податоци преку интернет.
- (ѓ) Облак апликација на хидро-информациониот систем која ги интегрира претходно наведените сервиси и главни компоненти.

Хидро-информациониот систем е целосно интернет базиран (облак апликација) и развиен со користење на неколку програмски јазици (JavaScript, AJAX, PHP, Java), додатни апликации (Eclipse, Geoserver и други), библиотеки (OpenLayers),

стандарди (OGC), протоколи (WMS,WFS) и друго. Системот има два веб интерфејси, првиот е сервисот за менаџирање на геопросторни податоци а вториот ги содржи сервисот за моделирање и оптимизација на водни ресурси.

Главната цел на докторската теза е креирање прототип на хидро-информационен систем развивајќи облак апликација со неколку веб сервиси. Централната идеја е да се користи веб пребарувач за моделирање на водни ресурси додека сите сервиси, податоци и апликации да бидат во облакот. Хидро-информациониот систем е базиран на веб сервиси кои се интероперабилни, хетерогени, скалабилни и дистрибуирани во облакот и представува платформа за развивање на нови апликации.

1.1 Мотивација

"Мрежата е компјутерот" (The network is the computer) е слоганот на маркетиншката кампања на Sun Microsystems во 1990 година. Тоа е времето на почетокот на интернет ерата кога мрежата се користеше за праќање и примање на податоци и базична комуникација. Во последните неколку години овој слоган стана реалност и мрежата т.е интернетот е нормална екстензија на нашите компјутери. Посебно со развитокот на ИКТ (Информатичко комуникациските технологии), голем дел од податоците и сервисите кои ги користиме се наоѓаат на мрежата или во облакот. Моментално сме на почетокот на облак ерата во која податоците, сервисите и апликациите ќе се наоѓаат во облакот и пристапот до нив ќе биде преку интернет мрежата и било уред компјутер, паметен телефон, конзоли итн. Облакот дава можност за обработката на податоци и информации насекаде и во секое време. Започна процесот на премин од WWW (World Wide Web) во World Wide Computer или едноставно Megacomputer (McFedries 2008). Nicholas Carr во својата книга (Carr 2008) го споредува облакот со електричната мрежа: како што се вклучува електричниот уред во штекерот и веднаш се добива електрична енергија слично да се вклучиме во облакот и да добиеме податоци, простор за чување и обработка на податоците.

Рапидниот развој на информатичките технологии (ИТ) овозможи брз подем на Географските Информациони Системи (ГИС). Интернетот и облак технологијата

имаат директно влијание врз развојот на интероперабилните геопросторни сервиси кои овозможуваат ГИС насекаде и во секое време. OGC (Open Geospatial Consortium) е конзорциум од водечките ГИС компании, академијата и националните влади кој ги развива новите интернет стандарди за геопросторни и локациски базирани сервиси.

Водата е еден од главните приоритети во Милениумските цели на Обединетите Нации (Sachs et al. 2005). Водата е неопходен ресурс за нашата иднина и нејзините лимитирани ресурси придонесуваат за континуирано зголемување на цената и потенцијалот за конфликти. Потребите за вода во Република Македонија за водоснабдување на населението, индустрија, земјоделие и други потреби се зголемуваат паралелно со растот на популацијата, климатските промени и други фактори. Прв чекор за решавање на проблемите поврзани со водните ресурси е развивање и изградба на хидро-информациониот систем.

Трите главни идеи (1) облак, (2) новите можности на ГИС и (3) водата како неопходен ресурс се главна мотивација за изработка на докторската теза. Долготрајната истражувачка и апликативна работа во ГИС, воведувањето на облак технологиите, развивањето на оригинални прототип веб базирани софтверски решенија и решавање на проблемите поврзани со водните ресурси беа доволен предизвик за изработка на моделот на хидро-информационен систем на Република Македонија.

1.2 Истражувачки прашања

Истражувачките прашања за моделот на хидро-информациониот систем на Република Македонија се дадени во листата подолу. Истражувачките прашања се одговорени и дискутирани во поглавјето 8.

- 1) Како да се развие модерен хидро-информационен систем?
- 2) Кои технологии и софтверски пакети се потребни за развивање на хидро-информационен систем?
- 3) На кој начин да се огранизираат и менаџираат геоподатоците и останатите информации на хидро-информациониот систем ?

- 4) Како да се моделираат водните ресурси?
- 5) Како да се оптимизира користењето на водните ресурси ?
- 6) Кои се можностите на хидро-информациониот систем?
- 7) Кои се резултатите од тестирањето на прототип имплементацијата на хидро-информациониот систем?
- 8) Кои се слабости и предности на хидро-информациониот систем и препораките за натамошни истражувања?

1.3 Цели на истражувањето

Главна цел на докторатот е развивање и имплементација на прототип облак апликација на хидро-информационен систем составен од веб сервиси и додатни софтверски компоненти. Специфичните цели се следните:

- 1) Внесување на сите геопросторни и други податоци за водите во Република Македонија во релациона база на податоци.
- 2) Креирање на веб сервис апликација за менаџмент и презентација на гео-податоците од релационата база на податоци.
- 3) Изградба на апликација за оптимизација на водни ресурси и нејзино вклучување во хидро-информациониот систем.
- 4) Креирање на веб сервис апликација за оптимизација на водните ресурси, форми за внесување податоци и презентирање на резултатите на интернет.
- 5) Развивање на веб сервис апликација за моделирање на водни ресурси, која овозможува обработка, презентирање и зачувување на геопросторните податоци преку интернет.
- 6) Креирање на облак апликација на хидро-информационен систем базирана на претходно наведените веб сервиси и додатни компоненти.
- 7) Примена на претходно развиените апликации во моделирањето на хидро-системот Злетовица.
- 8) Тестирање, дискусија, заклучоци и препораки за идниот развојот на моделот на хидро-информациониот систем на Република Македонија.

1.4 Преглед на поглавјата

Прегледот на поглавја започнува од поглавјето 2 каде се објаснети почетоците, развојот и апликациите на Географските Информациони Системи (ГИС). Започнуваме со историски преглед на ГИС, нивната апликација и основните типови податоци. Објаснети се основните типови на растер и вектор мапи како и нивното представување во ГИС.

Поглавјето 3 ги опишува најновите технолошки и софтверски можности на ГИС со нивната стандардизација на интернет. Иднината на ГИС се геопросторните веб сервиси и нивните стандарди. Објаснети се стандардите за веб сервис и геопросторните веб сервиси како WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) и значењето на OGC .

Поглавјето 4 го објаснува моделот на хидро-информационен систем на Република Македонија. Започнуваме со дизајнот на хидро-информациониот систем кој се базира на облак и сервис ориентираната архитектура. Потоа се прави преглед на можните софтверски компоненти и технологии за развивање на системот за на крај да се представи архитектурата на хидро-информациониот систем со неговите главни веб сервиси и компоненти.

Поглавјето 5 дава преглед на можностите за оптимизација на водните ресурси. Презентиран е краток историски развој на оптимизационите методи како и математичко дефинирање на проблемот за оптимална операција на резервоарот. Решавањето на проблемот за оптимизација на водните ресурси е објаснет со користење на динамичко програмирање. Потоа е представен процесот на развивање и имплементирање на апликација за оптимизација на водни ресурси со користење на алгоритмот за динамичко програмирање. Апликацијата е развиена со користење на програмскиот јазик Java и е демонстриран пример за определување на оптималната крива на резервоарот.

Поглавјето 6 ги опишува развиените апликации за хидро-информациониот систем. Започнуваме со креирање на геопросторна релациона база на податоци HMap каде се складираат сите геопросторни податоци поврзани со водните ресурси за Република Македонија. Потоа е објаснет сервисот за менаџирање на геопросторни податоци Геосервер кој ги презентира геоподатоците од HMap на

интернет. Сервисот за моделирање на водни ресурси се базира на претходно развиените апликации и овозможува обработка на геопросторните податоци преку интернет. Представен е и сервисот за оптимизација на водни ресурси базиран на апликацијата од поглавјето 5 за кој е развиен основен веб интерфејс. Хидро-информациониот систем е облак апликациска платформа која ги содржи сите погоре наведени сервиси и апликации.

Поглавјето 7 ја објаснува имплементацијата хидро-информационен систем за хидро-системот (ХС) Злетовица. На почетокот се дадени генералните карактеристики на ХС Злетовица. Презентирани се потребите за водоснабување на населението и земјоделието. Потоа е имплементиран хидро-информациониот систем Злетовица со користење на облак апликациите од поглавјето 6. Дадени се моделот на водните ресурси на ХС Злетовица и резултатите од симулациите и оптимизациите на резервоарот Кнежево користејќи ги развиените апликации од поглавје 6.

Поглавјето 8 ги дискутира тестирањето на хидро-информациониот систем, истражувачките прашањата, заклучоците и препораките за иден развој на хидро-информациониот систем на Република Македонија.

2 Географски информации системи (ГИС)

Поглавјето ги објаснува почетоците, развојот и апликациите на Географските Информациони Системи (ГИС). Започнуваме со историски преглед, примената и идниот развој на ГИС. Објаснети се основните типови на податоци, растер и векторска мапи и нивното представување во ГИС.

2.1 Историјат и развој на ГИС

Одделот за шуми и рурален развој на Канада во раните 1960 год започнува голем проект за менаџирање на ресурсите на својата територија. Основна задача на проектот била истражување и мапирање на шумите, минералните ресурси, дивите животни, водните ресурси итн. Целите на проектот биле тешко остварливи имајќи ги во предвид можностите на техниката и опремата од тоа време. Собирањето на податоци, нивната обработка, евалуација, анализа и моделирање барало вклучување на огромни човечки и технички ресурси. Иновативно решение на проблемот предлагаат Roger Tomlinson и Lee Pratte создавајќи компјутерски систем кој е комбинација на база на податоци и картографија создавајќи го Канадскиот Географски Информационен Систем (CGIS) (Corrock et al. 1991). Системот CGIS е прв ГИС проект во светот. По него започнуваат да се формираат многу други слични системи како на пример URISA (Urban and Regional Information System, Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis) кои придонесуваат за развојот на ГИС.

Постојат повеќе дефиниции за ГИС (Maguire 1991). Една од нив е дека ГИС е систем за зачувување, менаџирање, обработка, анализа и прикажување на податоци кои се геореференцирани. ГИС ги интегрира хардверот, софтверот, податоците и овозможува прегледување, разбирање, истражување, обработка, интерпретирање и визуелизација на геоподатоци. Технологијата на ГИС ги

интегрира стандардните операции со бази на податоци, статистичката анализа со визуелизација и географски анализи во мапите. ГИС е компјутерски базиран систем кој се користи за дигитална репрезентација и анализа на геореференцирани податоци. Имајќи го предвид фактот дека огромен број на податоците имаат географски координати станува императив да се потенцира важноста на овој систем.

Типичен ГИС може да се објасни со следните дефиниции:

а) Географски информационален систем е компјутерски базирана алатка за мапирање и анализа на геореференцирани податоци.

б) (Burrough 1986) Сет на алатки за прибирање, зачувување, обработка и прикажување на просторни податоци од реалниот свет за одредени барања.

в) (Aronoff 1989) Компјутерски базиран систем кој овозможува четири генерални можности за обработка на гео-референцирани податоци:

- Влез на податоци,
- менаџмент на податоци (зачувување и враќање),
- обработка и анализа,
- приказ на резултатите.

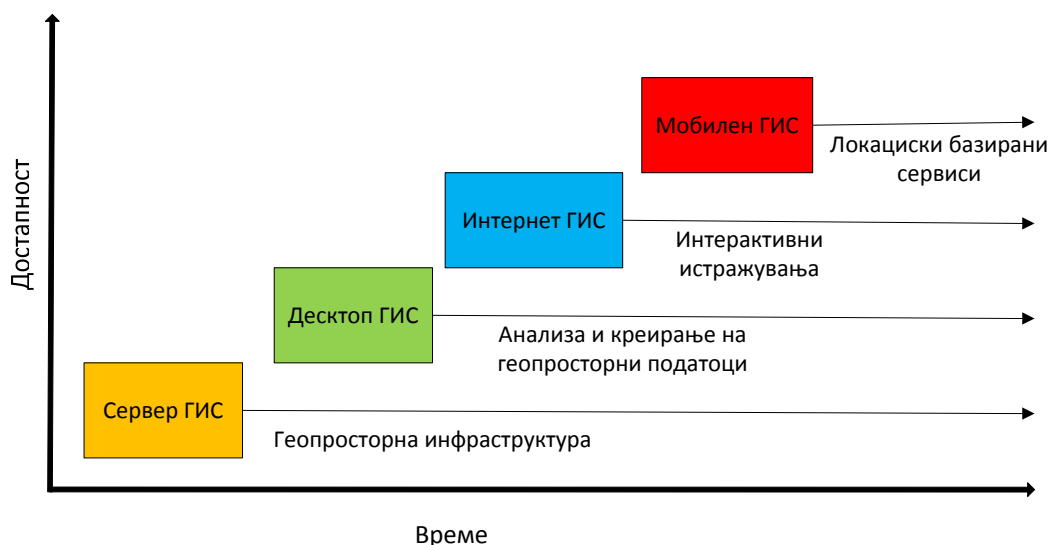
Денеска е јасно изразена потребата за изработка на мапи и нивна анализа за различни потреби кои се вршеле рачно пред напредокот во ИТ. Шумските претпријатија имаат потреба од точна бројка на шумските ресурси и гледаат на ГИС како ефикасна алатка за менаџмент на нивните дневни операции. Службите за гаснење на пожари го користат ГИС за подобрување на нивните рутирачки можности и брз одговор на повик. Војската го користи ГИС за правење на борбен план и организација на движење на трупите. Мобилните оператори го користат ГИС за определување на местоположбата на базните станици и покриеноста на просторот. Локалните власти го користат ГИС за развивање и планирање на природните ресурси на општината, правилно користење на градежното земјиште, катастар и друго. Бизнис заедницата го користи ГИС за развивање за креирање на рекламна листа базирана на одредена просторно-географска распределба. Фирмите за недвижности го користат ГИС за пребарување на базата на податоци,

како близина до училиште, тип на населба, пристап до автопат итн. Академските дисциплини имаат можност за креирање на геопросторни модели, симулации и тестирање на своите сценарија. Бројот на ГИС корисници и апликации расте континуирано.

Модерниот ГИС ја зголеми вредноста на мапите надградувајќи ги со можности за креирање на објекти дефинирани од своите атрибути. ГИС мапите и податоците користејќи ги компјутерските системи автоматски се анализираат и обработуваат давајќи одговор на поставените цели на тој начин унапредувајќи го процесот на обработка и разбирање на географската информација.

Неколку фактори се клучни за рапидниот развој на ГИС. Неспорно најбитен фактор е развојот на ИТ во целина и моќта на компјутерските системи за обработка на податоци. Клучен момент е и отварањето на ГПС (GPS-Global Positioning System) сигналот на 1 Мај 2000 година од претседателот на Америка, Бил Клинтон. ГПС системот е изграден од страна на министерството за одбрана на САД за навигација на воените трупи низ светот. Точната ГПС локација беше достапна само за војската на САД, додека другите корисници добиваа вградена грешка од неколку стотици метри. Отварањето на сигналот создаде огромен пазар и пад на цените на ГПС уредите. Во моментот огромен број на уреди мобилни телефони, компјутери, таблети, дури и часовници имаат вграден ГПС приемник кој дава точна географска локација. Ова консеквентно ја зголеми количината на геопросторни податоци на интернет отворајќи пазар за развивање на специјализирани апликации. Една од најимпресивните ГИС е Google Earth (Beck 2006). Google Earth е интернет апликација/платформа базирана на ГИС која овозможува пребарување, презентирање и можности за обработка на огромен број податоци вклучувајќи сателитски снимки, мапи, 3Д терени, 3Д згради и друго формирајќи светски географски информативен систем.

Слика 2.1.Развојот на ГИС



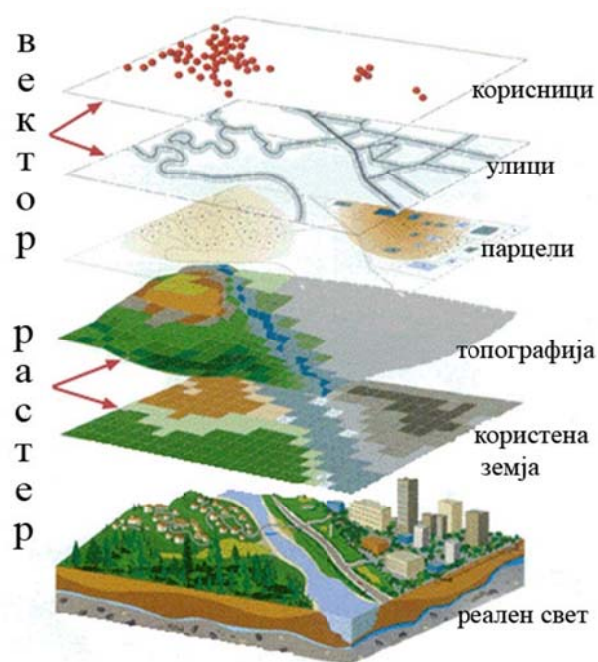
Развојот на ГИС почнувајќи од користењето на сервери, преку десктоп апликации, интернет и последниот чекор на мобилен ГИС за локациски базирани сервиси е прикажан на слика 2.1. Трендот на ГИС технологијата расте со голема брзина и според студијата на пазарот од ARC Advisory Group предвидува дека индустријата ќе расте се 50 % во наредните 5 години (Arc 2010; gislounge 2010).

2.2 Репрезентација на географските податоци

Моделот на реалниот свет составен од геореференцирани објекти со своите атрибути е ГИС слика 2.2. Објектите се разликуваат по својата големина, форма, боја, текстура, важност и други параметри. ГИС објектите се креираат врз база на информации од сателитските мерења, документи, мапи и други извори на податоци.

Природата на објектите во реалноста определува како тие се репрезентирани во ГИС и колку ефективно се анализирани и интерпретирани. Субјективноста во доживувањето на реалноста како и поставените цели влијае кои атрибути се нотирали и соодветно репрезентирани. Репрезентацијата на објектите и нивната обработка во голем дел зависи од проценката и важноста на атрибутите на објектите и директно влијае како податоците се зачувуваат, моделираат и обработуваат.

Слика 2.2 Моделирање на реалноста во ГИС

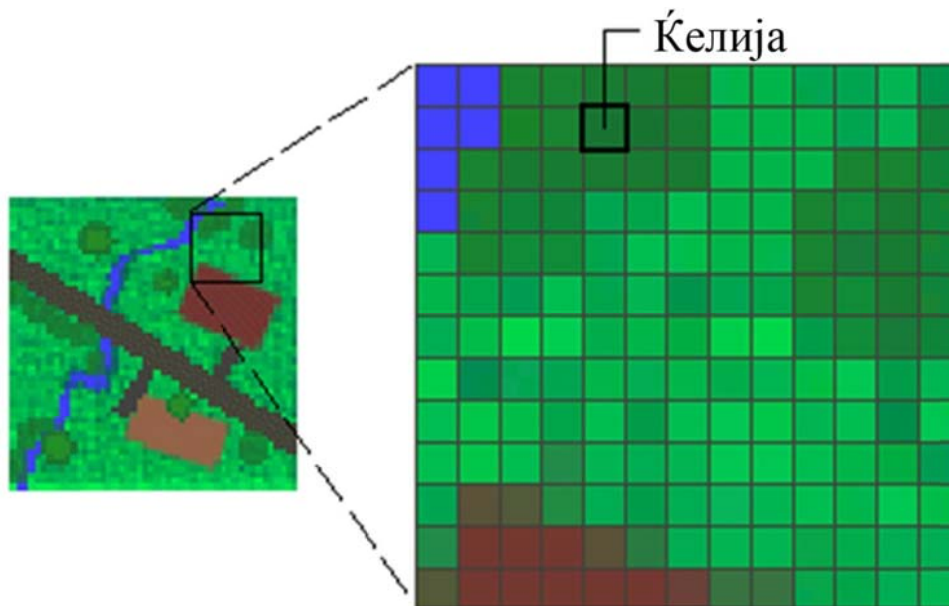


ГИС податоците ги репрезентираат реалните објекти (реки, езера, парцели итн) со дигитални податоци. Реалните објекти се делат на две абстракции кои традиционално се користат во ГИС: растр и вектор мапи. Најновите ГИС системи даваат можност за вклучување на целосно хетерогени информации кои се комбинација од растр, вектор и други типови на податоци. Растр и вектор мапите подетално се објаснети во следните поглавја.

2.2.1 Растр мапи

Едноставната форма на растр мапа се состои од матрица од геореференцирани ќелии (или пиксели) кои се организирани во редици и колони каде секоја ќелија содржи вредност која ја представува информацијата слика 2.3. Растр мапите се добиваат од сателитски и авионски фотографии, дигитални или скенирани слики.

Слика 2.3 Растер мапи



Податоците од растер формат представуваат феномени од реалниот свет како на пример:

- Дискретни податоци, кои представуваат особини како наводнувани региони.
- Континуирани податоци кои представуваат феномени како температура, висина или спектрални податоци од сателитски снимки или авионски фотографии.
- Слики како скенирани мапи или цртежи.

Дискретните и континуираните растер мапи можат да бидат прикажати како слоеви заедно со другите географски податоци но најчесто се користат како изворни информации. Растер мапите и покрај едноставната структура се користат во широк спектар на апликации кои се групирани во четири главни категории:

1) Растер мапа како основа.

Стандардно како позадина за останатите слоеви во ГИС се користи растер мапа. На пример сателитските снимки прикажани под другите слоеви даваат информација дали податоците географски се поклопуваат. Главни извори на основни растерски мапи се ортофотографиите од авионските снимања,

сателитските снимки и скенираните карти. Подолу на сликата 2.4 е покажана Google Earth мапа на Штип:

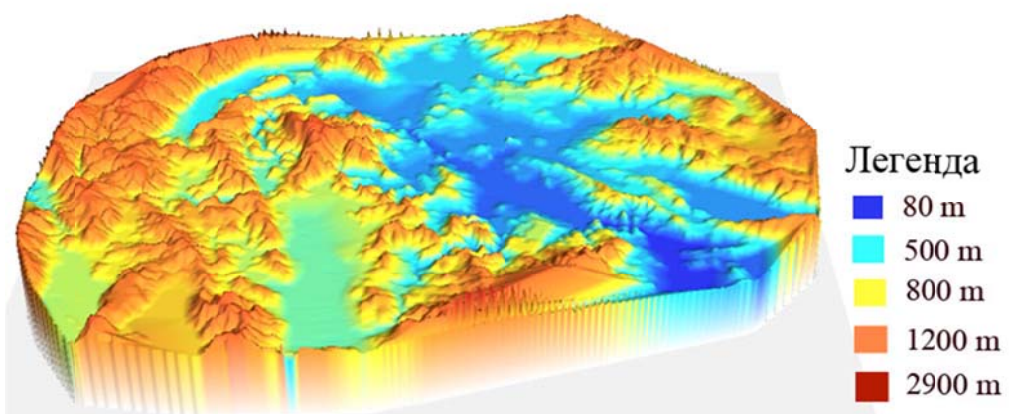
Слика 2.4 Растер мапа од Google Earth што се користи како основа



2) Растер како површинска мапа

Растер мапите можат да ги представат податоците кои се менуваат континуирано во просторот (површината).

Слика 2.5 Топографска растер мапа на Република Македонија



Мерењата на висината на земјината површина и креирање на топографска мапа е вообичаена апликација, но исто така вредностите на врнежите, температурата и

други се користат како површински мапи. Растерот прикажан на сликата 2.5 ја прикажува топографската мапа на Република Македонија.

3) Растер како тематска мапа

Растер мапа за представување на тематските податоци се изработува анализирајќи и обработувајќи податоци. Пример за тематска мапа е класифицирањето на земјината површина со различни климатски типови. Анализата на податоци од мерењата на температурата, ветровите и другите параметри и геопроецирањето на податоците ги класифицира различните климатски типови. На слика 2.6 е прикажана растер слика која ги мапира различните климатски типови на североисточниот дел на Македонија.

Слика 2.6 Климатски типови на североисточна Македонија



4) Растер како атрибут на објект

Како растер мапи можат да се користат и дигитални слики, скенирани документи кои се поврзани со некој објект или локација. Подолу е дадена дигитална слика на браната Калиманци која може да се користи како атрибут за опис на околината.

Слика 2.7 Растер мапа како атрибут на објект



Предностите од растер мапите се:

- Едноставна структура на податоците, матрица со ќелии чии вредности ги репрезентираат координатите и поврзаноста со атрибутска табела во базата на податоци.
- Моќен формат за напредни просторни и статистички анализи.
- Можноста за репрезентирање на континуирани површини и нивно анализирање.
- Можност за брза анализа со комплексни податоци.

Недостатоци на растер мапите се:

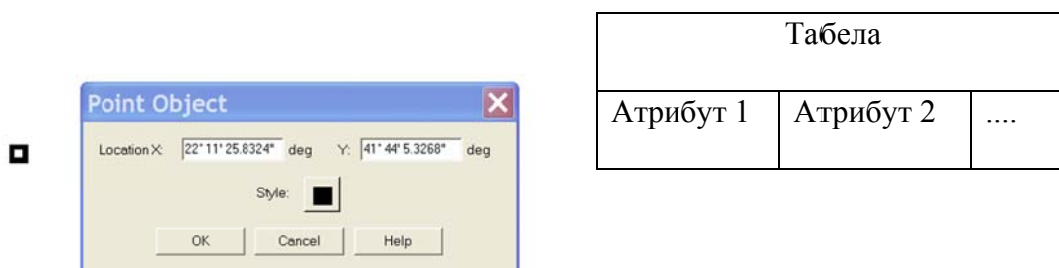
- Просторните маргини на грешка поради лимитот на големината на ќелијата на растерот.

- Растер сликите содржат потенцијално голем број на податоци. Резолуцијата се зголемува како што големината на ќелиите се намалува т.е цената во дисковиот простор и процесирачката брзина се зголемува.
- Секогаш се јавува губење на прецизноста кога податоците се реструктурираат во правилна матрица со еднакви големина на ќелии.

2.2.2 Вектор мапи

Векторските мапи се дефинирани со три основни типови на објекти: точка, полилинија и регион. Секој објект од типот точка просторно е определен од неговите координати и атрибути кои се чуваат во табелата. Секоја точка е поврзана со една редица во табелата (базата на податоци). Редицата ги содржи вредностите за секој атрибут на објектот точка слика 2.7.

Слика 2.7 Објект точка во ГИС

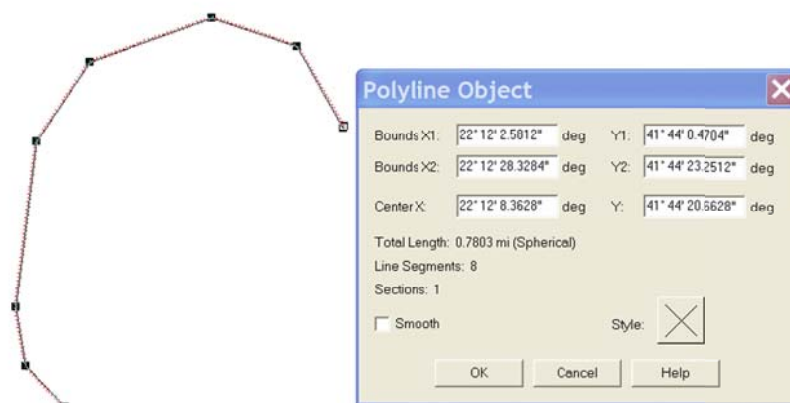


Пример за објектот точка може да биде резервоар чија положба е определена од географските координати додека атрибутите кои го објаснуваат резервоарот се капацитет, име на резервоар, минимална количина на вода, висина итн.

Објектот полилинија се состои од низа точки поврзани помеѓу себе. Секоја од точките има свои координати така што полилинијата е низа од координати на точки, слика 2.8. Полилинијата просторно определува должина. Слично како и

точките, секоја полилинија е поврзана со редица во табелата и има вредности за своите атрибути. Пример за полилинија е река чија геопросторна положба и должина е определена од географските координати. Атрибутите на објектот река можат да бидат нејзиното име, максимална количина на вода, број на притоки итн.

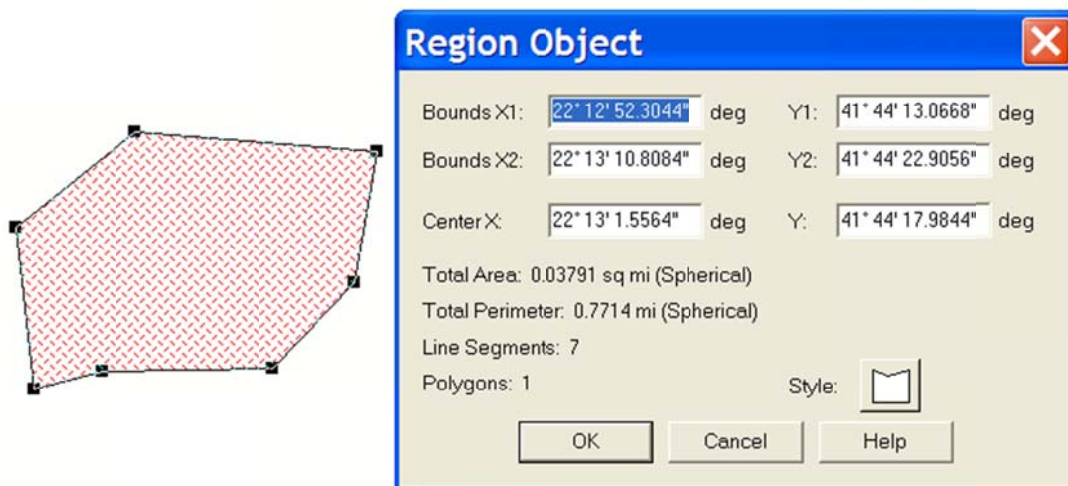
Слика 2.8 Објект полилинија во ГИС



Табела			Polyline 1
Атрибут 1	Атрибут 2	...	8
			22.214786 41.736963
			22.214529 41.738689
			22.216221 41.739696
			22.219669 41.739488
			22.219348 41.738098
			22.218191 41.737187
			22.418191 41.737187
			22.618191 41.737187

Објектот регион е составен од низа точки кои прават затворена контура. Регионот просторно определува површина. Секој регион е поврзан со редица во табелата и има вредности за атрибутите, слика 2.8. Регионот може да биде земјоделска површина која е определена со географски координати а како атрибутни податоци се сопственикот на парцелата, земјоделските култури кои се насеани итн.

Слика 2.8 Објект регион во ГИС



Табела			Region 1
Атрибут 1	Атрибут 2	...	7
			22.217655 41.736754
			22.237876 41.738765
			22.216221 41.739345
			22.213543 41.739987
			22.229343 41.744644
			22.218191 41.734543
			22.318191 41.734543

Геопросторните податоци се внесуваат во ГИС користејќи ги трите базични објекти. Вообичаено е да се креираат слоеви на податоци од еден тип. Пример реките се цртаат како полилинии и се ставаат во еден слој, додека градовите се цртаат како точки и се ставаат во друг слој или езерата се цртаат како региони во посебен слој. Потоа потребните слоеви се комбинираат давајќи модел на реалноста како на слика 2.2.

3. Веб географски информации системи

Поглавјето ги опишува најновите технолошки и софтверски можности на ГИС со нивната стандардизација на интернет. Објаснети се стандардите за веб сервис и геопросторните веб сервиси како WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) и значењето на OGC.

3.1 Основи на веб ГИС

ГИС компаниите од почетоките на интернетот (1990 год) инвестираа во веб апликации за обработка на геопросторни податоци. Зголемувањето на можностите на информатичко комуникациските технологии и новите стандарди за геопросторни податоци го поттикна истражувањето и развојот на нови геопросторни апликации. Главен двигател е интересот на компаниите за употреба на интернетот во нивниот иден развој и зголемениот интерес на бизнис заедницата за географската информација и можностите на ГИС. Веб базираните апликации на ГИС прво овозможија дисеминација и пристап до геопросторните податоци а подоцна со вклучување на новите стандарди и до целосно функционални ГИС решенија (Tait 2005). Последните неколку години истражувањата се фокусираат во дистрибуирани веб базирани ГИС каде интернетот е новиот медиум (Longley et al. 2003) слика 3.1. До појавата на интернетот ГИС технологијата како и многу други софтверски технологии беше лимитирана на десктоп или работна станица. Физичките рестрикции на компјутерските платформи го ограничуваа развојот на ГИС. Новите стандарди за ГИС се темелат врз дистрибуираните компјутерски системи и веб сервисите.

Слика 3.1 Веб ГИС



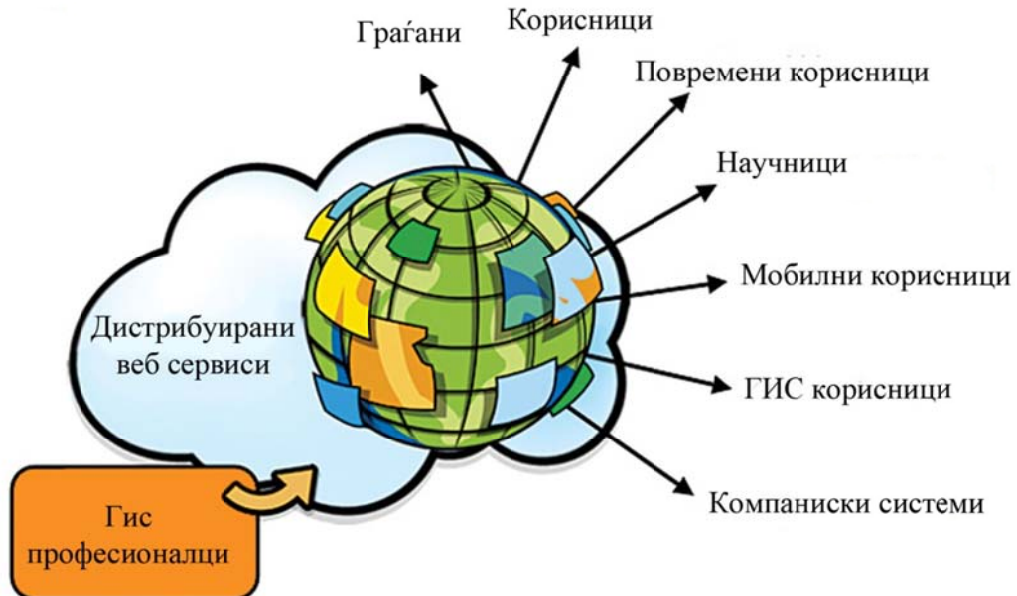
Веб сервис технологиите придонесоа за нови стандарди и информатичка интероперабилност. Постојат повеќе дефиниции за веб сервис (Hirsch et al. 2003; Booth et al. 2004; Andersson et al. 2006) кој е модуларна самостојна софтверска апликација на која се пристапува со стандарден интерфејс преку интернет мрежата (Tsalgaidou et al. 2002). Јадрото на веб сервисите е стандардизацијата на податоците/пораките кои се разменуваат на интернет помеѓу системите и апликациите низ целиот циклус на нивното функционирање. XML (eXtensible Markup Language) се користи како примарен јазик за кодирање на податоците/пораките во веб сервисите и интероперабилно структурирана информација. Структурираната информација може да се разменува преку стандардните протоколи како SOAP (Simple Object Access Protocol) или XML-RPC (Winer 1999; Gudgin et al. 2003). Интерфејсот (функционалноста и влез/излез параметрите) на веб сервисот се објаснети со форматот Web Service Description Language (WSDL) (Chinnici et al. 2004). Објавувањето и откривањето на веб сервисите се врши со стандарден регистер или каталог, како што е UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) (Kreger 2001). Овие карактеристики го разликуваат веб сервисот од традиционалните дистрибуирани

системи како на пример Distributed Common Object Model (DCOM) од Microsoft, Java Remote Method Invocation API (RMI) од Sun и Common Object Request Broker Achitecture (COBRA) од Object Management Group (OMG).

Предноста од користењето на веб сервисите е интероперабилноста, односно контролата на процесите за колаборација, разменување на податоци и информации меѓу различни апликации на различни платформи (Di 2005) (Kralidis 2007). Од технички аспект користењето на веб сервисите може да се генерализира како (1) оспособување за заедничко користење на ресурси (хардвер, софтвер и податоци/информации) низ мрежата; (2) едноставност во одржување и вклучување на постарите системи (3) независност од платформи и оперативни системи бидејќи комуникацијата помеѓу клиентите и веб сервисите се врши со стандардизирани протоколи и (4) независност од програмските јазици и имплементации се додека се исполнуваат потребните протоколи и интерфејси (Akinci 2004). Генерално веб сервисите можат да процесираат огромни количини дистрибуирани и хетерогени геопросторни податоци/информации споредбено со конвенционалните пристапи.

Традиционално пристапот до геопросторните податоци се врши со користење на различни медиуми за зачувување податоци (оптички дискови, ХДД итн) или електронски трансфери (FTP, HTTP, SMTP) при што се јавуваат поголем број на проблеми (Di et al. 2002). Пример кога информацијата може да биде зачувана во форматот на провајдерот и потребни се посебни процедури за конвертирање на податоците. Комуникациските пораки помеѓу различните провајдери не можат директно да се процесираат од други машини или системи. Сите овие проблеми во традиционалната дисеминација на геопросторните информации и процеси се решаваат со можностите на веб сервисите (1) модуларност во споделување на специфична функција (2) стандардни интерфејси за интероперабилност на апликациите (3) можности за специфични барања и добивање на геопросторните информации во реално време и (4) сопствена функционалност за операциите врз податоците слика 3.2.

Слика 3.2 Архитектура на геопросторни веб сервиси



Геопросторните веб сервиси се модулари апликации кои овозможуваат сервиси за обработка на податоците, менаџирање, анализирање и дистрибуирање на геопросторната информација и знаење. Тие даваат можности за сортирање и пребарување на податоците по нивните геопросторни карактеристики како локација, област, соседство и други. Интерфејсите на геопросторните веб сервиси се стандардизирани со OGC (Open Geospatial Consortium) или ISO/TC211. Геопросторните веб сервиси се фокусирани на стандардниот интерфејс директно преку HTTP протоколот. Најголемиот дел од информациите на светско ниво се наоѓаат на интернет а голем дел од нив содржат географски податоци. Зголемувањето на брзините на пристап до интернет и можностите за трансвер на огромна количина на податоци овозможи креирање на целосни ГИС софтверски решенија на интернет т.е креирање на облак ГИС апликации. Овој сегмент е во почетна фаза но како што огромен број на апликации (емаил, програми за обработка на текст итн) така и ГИС неизбежно мигрираат во облакот слика 3.3.

Слика 3.3 Облак ГИС



Стандардите за геопросторни веб сервиси се основа за развој на облак апликации преку креирање на целосни ГИС софтверски решенија на интернет и целиот спектар на сервиси кои ги имавме на класичните десктоп програми. Веб податочните сервиси кои се вклучени во новите ГИС стандарди даваат можност за развивање на дистрибуирани и интероперабилни ГИС апликации со пристап насекаде и во секое време. Докторската теза е изградена користејќи ги овие технологии и е пионер во развитокот на облак ГИС апликациите.

3.2 Стандарди за геопросторни веб сервиси

Геопросторната интероперабилност е постигната со користење на стандарди од различни организации вклучувајќи ги владините институции, интернационалните институции за стандардизација и индустриските асоцијации (Groot et al. 2000). Главни конзорциуми за стандардизација на геопросторните веб сервиси се ISO/TC211, OGC, FGDC/NSDI (Kresse et al. 2004) (Open). Геопросторните веб сервиси се составени од три модули: податоци (кодирање на пораките), интерфејс (транспортен протокол) и метаподатоци (каталог), кои ги покриваат сите аспекти

на операција. (Alameh 2001). На податочно ниво стандардите ги специфицираат кодирањето на пораките и форматирањето на податоците кои се користат за комуникација помеѓу веб сервисите и апликациите. На ниво на интерфејс стандардите го дефинираат заедничкиот интерфејс на двете апликации/веб сервиси и корисници. На ниво на метаподатоци даден е опис на податоците (метаподатоци) кои се асоцираат со секој веб сервис или податоци.

3.2.1 Веб сервис стандарди

Веб сервисите се релативно нова технологија која е сеуште во процес на стандардизација. Многу организации партиципираат во стандардизација на податоците, интерфејсите и метаподатоците, како World Wide Web Consortium (W3C), Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS) и Internet Engineering Task Force (IETF) (Bradner 1999; Alameh 2001; Boag et al. 2002).

Слика 3.4 Преглед на веб сервисите

Process	Orchestration: BPEL4WS, WS-CDL, WSCI Transaction: WS-transaction, WS-Coordination, WS-CAF Asynchornius service: ASAP
Metadata	Service descriptiption: WSDL , OWL-S Cataloging: UDDI , WSIL Policy: WS-Policy, WS_PolicyAssertations Other: WS-MetadataExcange
Messaging	Events: WS-Evening, WS-Notifications Sessions: WS-Enumeration, WS-Transfer Routing: WS-Addressing, WS-MessageDelivery Realibility: WS-ReliableMessaging, WS-Realibility Message: SOAP , MTOM
Type	Schema: XSD , DTD , OWL
Data	Vector: SVG Data: XML

Протоколите за веб сервисите кои се развиваат и имплементираат се прикажани на слика 3.4. Протоколите со здебелени букви го формираат јадрото на стандардите за веб сервисите. XML е јазикот за кодирање на пораките, метаподатоците и интерфејсите. XSD ја заменува дефиницијата на документот за дефинирање на информатичката структура. SOAP е најчесто користен протокол за кодирање на пораки (Gudgin et al. 2001). WSDL се користи за опис на секој веб сервис вклучувајќи ги влезот/излезот, операциите и транспортните протоколи (Christensen et al. 2001). UDDI е протокол за градење на директориум за веб сервиси (Clement et al. 2004). Другите протоколи се во фаза на прифаќање, експериментирање или финализирање на стандардот.

3.2.2 Геопросторни веб сервис стандарди

OGC и ISO/TC211 се главни организации за стандардизирање на геопросторните веб сервиси. OGC спецификациите се фокусираат на развивање на имплементирачки стандарди додека ISO/TC211 на теоретски/абстрактен опис на стандарди. ISO/TC211 стандардот го специфицира методот, алатките и сервисите за преземање, процесирање, анализирање, пристап, презентирање и трансферирање на геопросторната информација помеѓу различните корисници, системи и локации. OGC спецификациите подржуваат целосна интеграција на геопросторните веб сервиси во компјутерските системи и достапност на комплексната геопросторна информација на сите апликации. Со заедничка соработка на двете организации ISO/TC211 и OGC повеќето од одобрените OGC имплементирачки стандарди се прифатени или се во фаза на прифаќање од ISO стандардите. Почнувајќи од 1999 OGC ги завршува фазите 1,2 и 3 од Open Web Services (OWS) иницијативите од 2002, 2004 и 2005 кои ги дефинираат геопросторните интероперабилни стандарди за унапредување на пребарување, преземање и користење на геопросторната информација и геопроцесираните сервиси. Во овие иницијативи на OGC серија на спецификации за геопросторните веб сервиси објавени се Web Coverage Service (WCS) (Evans 2003) , Web Feature Service (WFS) (Vretanos 2002), Web Coordinate Transformation Service (WCTS) (Whiteside et al. 2005) ,Web Map Service (WMS) (de La Beaujardière 2002), Web

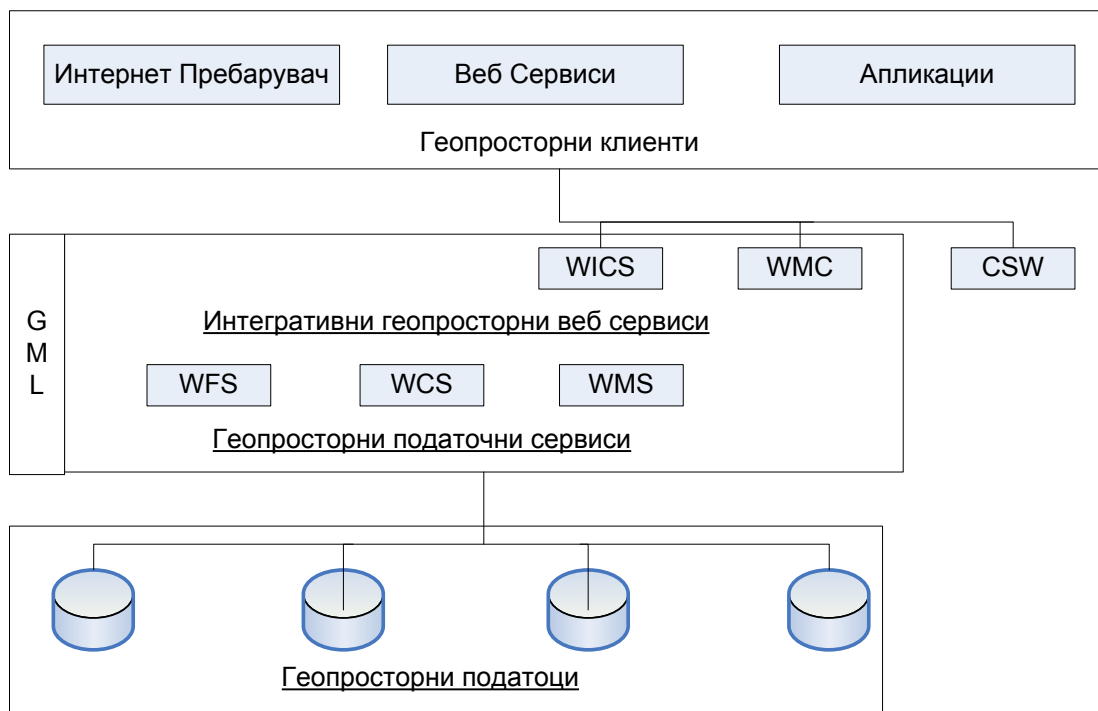
Image Classification Service (WICS). На слика 3.5 се прикажани стандардите и спецификациите за геопросторни веб сервиси.

Слика 3.5 Стандардни геопросторни веб сервиси

Process	Query: ISO 19125-1 Integrative: WPS
Metadata	Service description: WSDL, ISO 19119, ISO 19109 Data description: ISO 19115:2003, ISO TS19139 Cataloguing: CAT, ISO 19110:2005
Messaging	Application interfaces: WCS, WFS, WMS, WICS, WCTS, CQL User interface: WMC Message: HTTP PUT/GET
Type	Schema:XSD,DTD,OWL
Data	Vector:GML Data file: SDTS,VPF,DIGEST,HDFEOS Data: XML

Стандардизација на геопросторните податочни формати е потребна за комуникација помеѓу геопросторните веб сервиси. Процесот на стандардизација резултираше со повеќе спецификации и стандарди за зачувување и размена на податоци како дигиталниот линиски граф (Digital Line Graph - DLG), дигиталниот растер граф (Digital Raster Graph- DRG), трансвер на геопросторни податоци (Spatial Data Transfer Standard - SDTS) и други. Во согласност со стандардот ISO 19118 за транспорт и зачувување на геопросторна информација, OGC Geography Markup Language (GML) овозможува отворена, портабилна и интероперабилна рамка за дефинирање на географските објекти и атрибути (Cox et al. 2004). GML користи XML за кодирање на геометријата и атрибутите на геопросторните објекти, референтниот систем и другите информации. GML дава висок квалитет на векторската графика и овој податочен формат се користи во геопросторни податоци и веб сервиси.

Слика 3.6 Генерална архитектура на OGC геопросторните веб сервиси



За зголемување на интероперабилноста, OGC дефинираше и стандардизација на интерфејсите на геопросторните веб сервиси прикажани на слика 3.6. Сите OGC веб сервиси се изградени на заеднички модел и имаат исти карактеристики: (1) операцијата за барање и одговор (пр. `getCapabilities`), (2) некои унифицирани параметри за операции и (3) адаптираност на XML и клуч-вредност-пар во кодирањето на пораките.

Заедничкиот модел овозможи серија на спецификации за обработка на геопросторните податоци преку интернет. CAT го дефинира сервисот за каталог, пребарување и барање на дистрибуираниот и хетероген серверски каталог. Координатните трансформациони сервиси ги дефинираат сервисите за позиционирање, координатни системи и нивната трансформација (Open). WFS го користи GML за кодирање на географските објекти и дефинирање на заеднички интерфејс за обработка на географската векторска информација. WMS ги прикажува регистрираните растер мапи. Web Map Context (WMC) креира и прикажува слика која содржи неколку WMS мапи (Sonnet 2004).

Стандардизацијата на метаподатоците (објаснување за податоците и сервисите) придонесува со подобра интерпретација, пребарување и процесирање на геопросторната информација и сервиси. За метаподатоци на географските информации и геопросторните сервиси ISO19115 ја дефинира XML структурата и дава абстрактни препораки. ISO 19115 ги дефинира метаподатоците на геопросторните сервиси и објекти во четринаесет делови (Iso 2004).

OGC ги специфицира стандардите за размена на податоци како GML (Geography Markup Language) за векторски податоци. GML го потенцира значењето на геометријата, топологијата и геопросторните атрибути повеќе од генеричниот XML стандард. Главните концепти на OGC веб сервисите се објавени во OGC Web Service Common Specication (Whiteside 2005). Спецификациите даваат можност за поголема интероперабилност помеѓу сервисите. Дизајнирањето на спецификациите секогаш е компромис меѓу генерични и специфични решенија на различните типови на сервиси. Пример за тоа е концептот на операцијата GetCapabilities која е задолжителна на секој OGC веб сервис.

Веб сервисите креираат интероперабилност помеѓу апликациите, независност од програмските јазици и ефикасност во одржувањето. Во ова поглавје е направен краток преглед на геопросторните веб сервиси и нивните стандарди.

4 Модел на хидро-информационен систем на Република Македонија

Моделот на хидро-информациониот систем на Република Македонија е изграден користејќи најсовремени ИТ технологии и знаења. Мотивацијата за креирање на модел на хидро-информационен систем се најновите технолошки достигнувања и стандарди во компјутерската индустрија посебно во развивањето на облак апликации. Во докторската теза е креирана облак апликација на хидро-информационен систем развивајќи геопросторни веб сервиси и специјализирани апликации. Хидро-информациониот систем во себе ги содржи сите релевантни геопросторни податоци и други типови на податоци.

Поглавјето го објаснува дизајнот на моделот на хидро-информациониот систем кој се базира на облак и сервис ориентираната архитектура (COA) како основни парадигми. Потоа е даден преглед на можните софтверски компоненти и технологии за изградба на системот. На крајот на поглавјето представена е главната архитектура на системот и дефинирање на веб сервисите.

4.1 Дизајн на моделот на хидро-информациониот систем

Основниот дизајн на моделот на хидро-информациониот систем е креирање на state-of-the-art облак апликациска платформа за развивање на специјализирани веб сервиси и апликации. Дизајнот на системот ја користи облак и сервис ориентираната архитектура COA. Во следните поглавја се објаснети главните концепти на облак и COA а потоа и нивната имплементација во хидро-информациониот систем на Република Македонија.

4.1.1 Облак

Облакот е систем кој овозможува обработка на податоци, софтвер и пристап до податочните сервиси независно од физичка локација и конфигурација. Сличен на овој концепт е електричната мрежа каде крајните потрошувачи ја користат енергијата без познавање на инфраструктурата која го овозможува сервисот. Обработката на податоците во облак е природна еволуција на широката адаптација на виртуелизацијата, СОА, автономната обработка на податоци итн. Деталите се абстрахирани од корисниците од кои повеќе не се бара експертиза и знаење за технолошката инфраструктура.

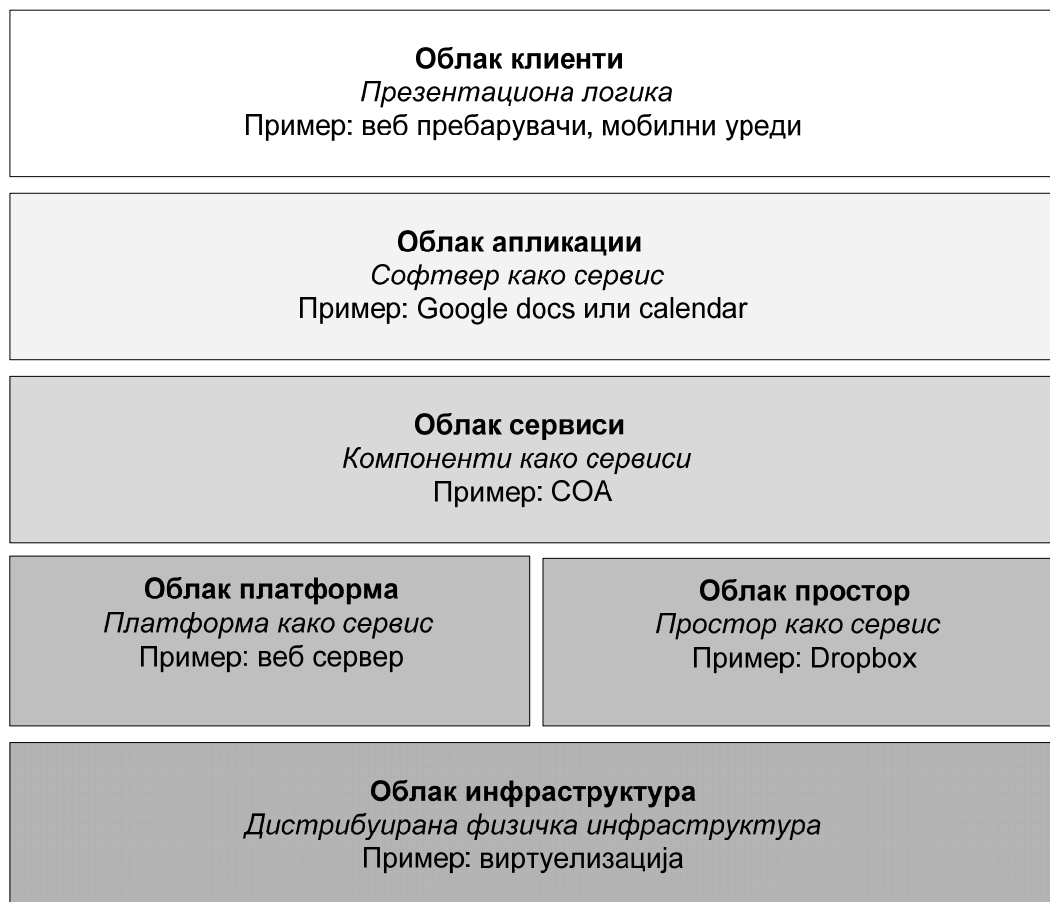
Слика 4.1 Облак



Облакот (слика 4.1) е нов концепт и модел на ИТ сервиси базирани на интернет кој обично вклучува динамички, дистрибуирани, скалабилни и често виртуелизирачки ресурси (Stevens et al.) (Knorr et al. 2008). Тој е продукт и последица на пристапот до компјутерските центри на интернет. Дефиницијата на облак е:

- Платформа од веб базирани алатки и апликации на кои корисниците пристапуваат со веб пребарувач исто како да се програми инсталирани локално на нивниот компјутер.
- Интернет базирана обработка на податоци каде преку компјутер и останатите уреди на нивно барање се пристапува до информациите, ресурсите и софтверските апликации.
- Користење на интернет за пристап до веб базирани апликации, веб сервиси и ИТ инфраструктура како сервис.

Слика 4.2 Слоеви во облакот



Облак е движење на информатичката индустрија кон користењето на мрежите т.е интернетот за интеракција помеѓу ИТ сервисите и корисниците. Компаниите користејќи ги новите стандарди даваат услуги почнувајќи од хардверски

платформи, апликациски компоненти па се до целосни веб апликации. Заеднички аспект во облак обработката на податоци е корисник/компанија релацијата и зависноста од мрежата во меѓусебното поврзување. Облак архитектурата може да се објасни користејќи ги слоевите дадени на сликата 4.2.

Инфраструктурата на облакот е составена од дистрибуирани хетерогени хардверски компоненти. Овој слој ги абстрахира деталите од кои хардверски компоненти е изграден системот. Напредокот во технологиите за виртуелизација го направија овој слој многу ефикасен во последните неколку години, зголемувајќи го искористувањето на ресурсите на компјутерските системи. Концептот на виртуелни машини го сокрива имплементираниот хардверски систем од развојот на софтверот и дава можност за скалирање на серверските ресурси според барањата на корисниците.

Зачувување на податоци како сервис е слој за користење на податочен простор на интернет. Виртуелизацијата помогна во напредокот во овој слој. Добар пример за ова е Amazon Simple Storage Service кој дава веб сервис интерфејс за пристап и зачувување на податоци во секое време и на секое место со користење на интернет (Brantner et al. 2008). S3 е децентрализиран во неговата имплементација, отпорен на грешки и развиен на сет од едноставни сервиси. Сличен на овој сервис е и Dropbox за зачувување, синхронизација и разменување на податоците преку интернет.

Платформата како сервис е основа за развивање и имплементирање на интернет базирани софтверски апликации. Тимовите во компаниите често работат заеднички во развивање на своите апликации и со користење на облак можно е во исто време сите да имаат пристап до заедничките ресурси на проектот. Платформите можат да се скалираат динамички со зголемување на операциските потреби.

Компоненти како сервис е слој во облакот каде се дефинираат софтверските компоненти кои работат дистрибуирано на интернет. Овој слој е близок со СОА кој е објаснет во наредното поглавје и го дефинира интерфејсот на сервисите како основа за интеграција на системот на интернет.

Софтверот како сервис е слој во облак архитектурата која традиционално е представена како локална десктоп апликација. Пример за ова е апликацијата Adobe Photoshop која се дистрибуира на корисниците преку дискови. Денеска

сеуште може да се инсталира верзија на Photoshop на компјутерот, но постои целосна интернет верзија на оваа апликација наречена Express. Пренесувајќи ги сликите од нашиот компјутер во интернет апликацијата Express можеме да ги користиме истите алатки за обработка како и кај десктоп апликацијата. Express е добар пример за софтверот како сервис. Google нуди веб апликации како Gmail, Google Calendar, Docs и други кои имаат функционалност како десктоп апликациите. Предност на овој пристап е што апликацијата е континуирано одржувана од страна на компанијата без издавање и праќање на нови инсталациски дискови. Со секое логирање на сајтот корисникот ја добива последната верзија на апликацијата. Компаниите креираат скалабилна веб апликација со користење на повеќеслојна веб архитектура. Недостатоците на сервисот се зависноста од пристапот до мрежата. Кога мрежата не работи тогаш корисниците не можат да работат со веб апликацијата наспроти десктоп верзиите кои не бараат мрежна поврзаност. Со елиминацијата на потребата за инсталирање и работа на апликацијата на корисничкиот компјутер софтверот како сервис го ослободува корисникот од одржување на софтверот, подршката и надградување. Консекветно корисникот ја предава контролата за верзиите на софтвер и сервисот што представува континуиран трошок наместо единечен при купувањето на софтверот. Софтверот како сервис значително ја зголемува обработката на податоци во облакот т.е во дистрибуираните податочни центри отколку на локалниот десктоп.

Облак клиент е уште една апликациска функција на облакот која се фокусира на дистрибуција на податоци и сервиси низ серверите на интернет. На пример корисниците може да имаат сопствени податоци на Facebook, дигитални слики на Flickr, банковни податоци и друго кои се достапни на дистрибуирани сервери и податочни центри низ светот. На тој начин корисниците го користат облакот за зачувување и одржување на податоците од многу аспекти на нивниот живот. (Gillett 2008) во својот труд заклучува “Корисниците го водат новиот развој на ИТ со зголемениот број на сервери потребни да ги подобрат пребарувањата, зачуваат сликите, аудио и видеото заедно со емаилите. Огромниот капацитет креира масивна платформа за главните компании како Amazon, Facebook, Google и Microsoft кои бараат начин да ги подобрат сервисите и задоволат потребите на

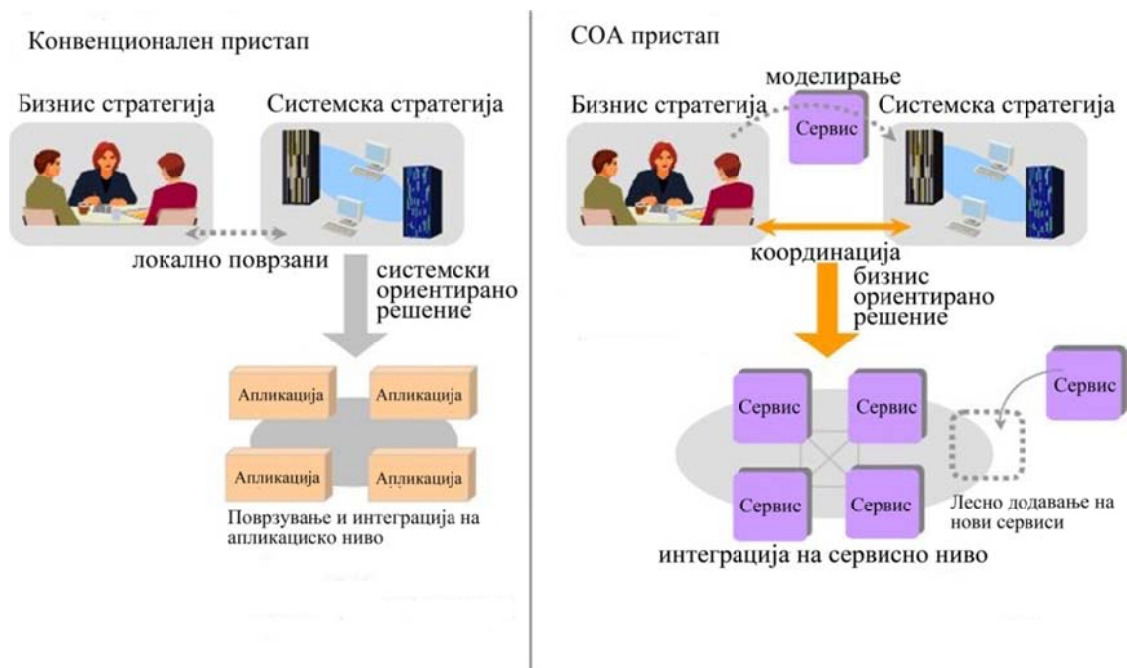
корисниците“. Треба да се има предвид дека овој пазар има огромен раст и се менува со голема брзина.

Облак технологијата се базира на истражувања во виртуелизација, дистрибуирана обработка на податоци, софтверските сервиси и интернет мрежата како најважен фактор. Облакот имплицира сервис ориентирана архитектура зголемувајќи ја флексибилноста, цената на имплементација, интероперабиноста и др.

4.1.2 Сервис ориентирана архитектура (COA)

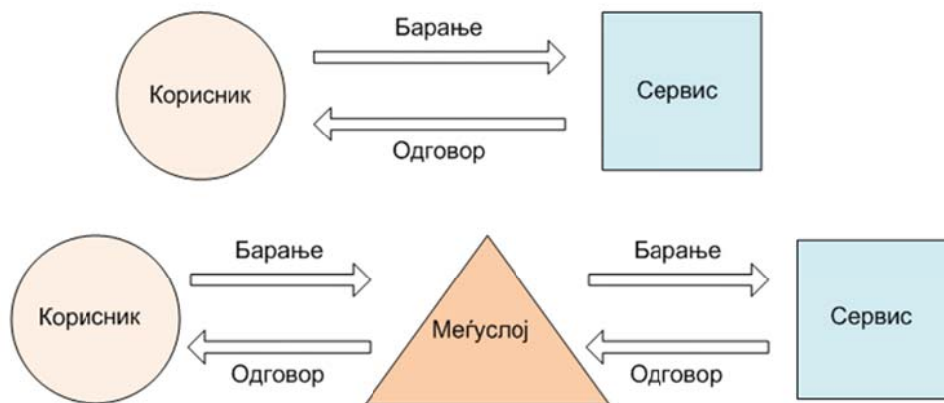
Сервис ориентираната архитектура е група на принципи кои се користат во дизајнирање на системот во фазите на развој, интеграција и имплементација слика 4.3. Функционалноста на системот базиран на COA е во интероперабилните сервиси кои работат на различни информациони системи. COA дефинира како да се интегрираат хетерогени апликации и платформи во веб базирана околина. Наместо дефинирање на API (Application Programming Interface), COA го дефинира интерфејсот како група на протоколи и функционалности најчесто користејќи XML (eXtended Markup Language).

Слика 4.3 Дизајнирање на системи со користење на COA



На слика 4.4 е прикажан основниот SOA концепт за сервис на корисникот. Овој пристап се користи при изградбата на хидро-информациониот систем на Република Македонија каде користиме SOA архитектура и дефинираме сервиси за корисниците.

Слика 4.4 Основен SOA концепт



SOA ги дава следните основни предности:

- 1) Интеграција независна од програмскиот јазик.

Веб сервис стандардите во основа го користат XML и независно од програмскиот јазик кој се користел за развој на системот сервисите се повикуваат преку дефиниран механизам. Неутралноста од програмските јазици е клучен фактор од другите интеграциски решенија.

- 2) Повторно користење на компоненти.

Моменталната веб сервис технологија овозможува организацијата која ја развива софтверска компонента и ја нуди како сервис достапна на останатите компании. Повеќе веб сервис компоненти можат да бидат комбинирани во едно решение давајќи поголеми можности за корисниците.

- 3) Организациона агилност.

SOA ги дефинира софтверските сервиси како единечни блокови во градењето на апликациите. Добриот дизајн и имплементација на сервисите дава можност за нивно комбинирање и интегрирање во ново софтверско решение.

4) Унапредување на постоечките системи.

Една од главните можности на СОА е дефинирањето на елементи или функции во постоечките апликациски системи правејќи ги достапни до сите корисници во компанијата. СОА игра важна улогата во интеграцијата меѓу компонентите од новите и старите системи.

Информационите системи еволуираат од монолитни наречени 1-слојни апликации, кои го содржат комплетниот код за корисничкиот интерфејс, процесирање на податоци и нивно зачувување. Потоа следи 2-слојна, често наречена клиент-сервер архитектура која ги дели монолитните апликации на два слоја. Првиот слој ја содржи “презентационата логика” и “апликациска логика”, додека вториот слој е “логиката за пристап до податоците” каде слојот на “пристап на податоци” може да биде разделен помеѓу повеќе апликации.

Слика 4.5 СОА споредено со 3-слојната архитектура



Со поставување на апликациската логика во посебен слој е настаната 3-слојната архитектура. Апликациската логика може да биде поделена во повеќе презентациони слоеви. Оваа архитектура овозможува апликацијата да биде составена од дистрибуирани делови на компјутерската мрежа. Интерфејсите помеѓу различните слоеви се круцијални за стабилноста на апликацијата.

N-слојна апликациска програма е онаа која е дистрибуирана меѓу три или повеќе компјутерски системи. N - слојната архитектура еволуира во СОА. СОА е модел на креирање на сервиси кои комуницираат преку заеднички протоколи. Архитектурата е дефинирана на дизајнирачка парадигма во која веб сервисите се основни елементи. Дизајнот на СОА ги потенцира автономијата, абстракцијата, повторното користење, интероперабилноста како принципи на нејзините сервиси (Erl 2005).

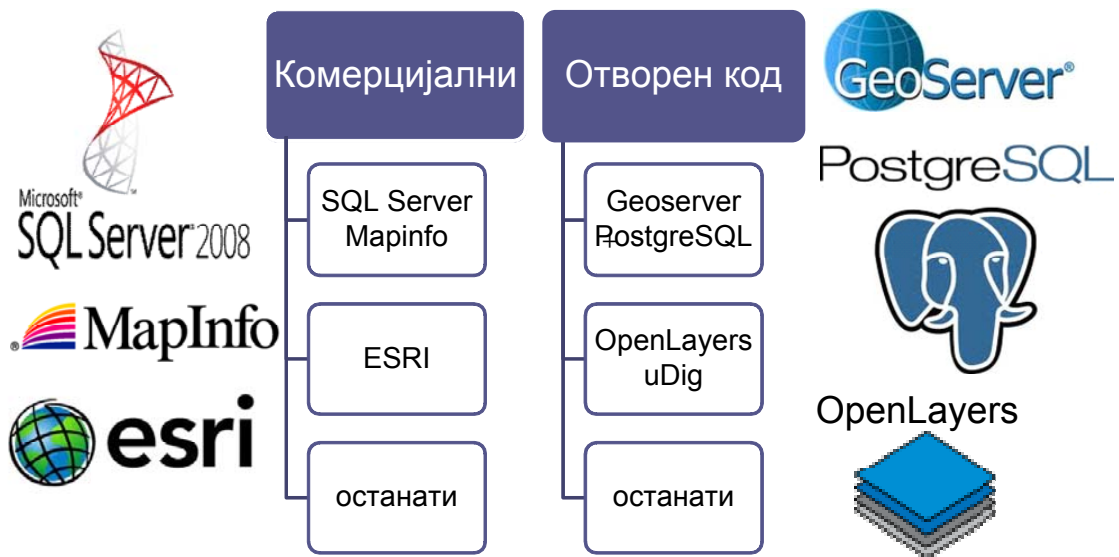
Архитектурата на системот ја дефинира логиката на системот и неговата скалабилност, надградба и интероперабилност. Дистрибуираните информациски системи ги интегрираат индивидуалните системи за зачувување на податоци, софтвер и сервиси. Предностите на дистрибуираните веб сервиси се позначајни кога постојат хетерогени извори на податоци и конструкција на флексибилен модуларен систем од различни сервиси.

4.2 Софтверски компоненти и технологии

Поглавјето ги дискутира можните софтверски компоненти и технологии кои се користат во изградбата на хидро-информациониот систем. Едно од основните прашања е дали во изградбата да се користат комерцијални или софтверски компоненти со отворен код слика 4.6 .

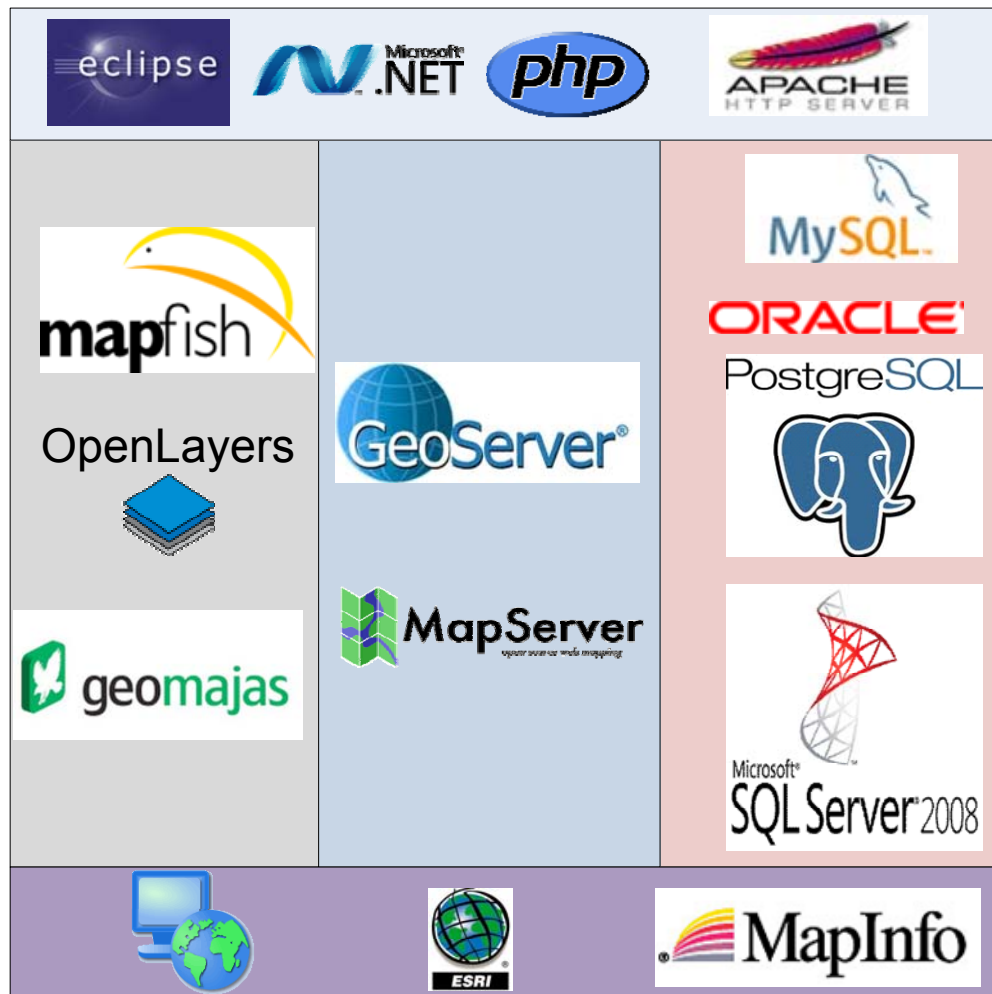
Од една страна се комерцијалните софтверски пакети како ESRI, Mapinfo, SQL server и други. Најраспростанет ГИС во светот е ESRI (Booth et al. 2001) (ESRI). Друг познат комерцијален пакет е Mapinfo (Mapinfo). Во последните неколку години моите истражувања се во ГИС, креирање на гео-база на податоци, интелигентни системи итн. Во трудот (Delipetrov et al. 2005) е објаснета процедурата на креирање на векторски дигитални мапи со користење на Mapinfo додека во (Delipetrov et al. 2008) е покажан моделот на геопросторни податоци на Република Македонија. Во развивањето на моделот на гео-база беа користени комерцијални софтверски пакети Mapinfo, ESRI како ГИС пакети, Microsoft SQL server како релациона база на податоци и .NET за креирање на веб апликација.

Слика 4.6 Комерцијални и софтверски компоненти со отворен код



Дел од истражувањата во докторската теза беше дали да се продолжи со користење на комерцијални продукти или да се развива решение базирано на софтвер со отворен код. Технологиите и софтверски апликации кои можат да се користат при развивање на хидро-информациониот систем се дадени на слика 4.7. По детални истажувања за имплементирани апликации во различни технологии како Google Earth, Yahoo maps, Inspire директивата на EU и други покажаа дека софтверските продукти од отворен код се во зрела фаза и со нив можат да се креираат моќни геопросторни решенија. За разлика од комерцијалните продукти кога сервисите имаат строго дефинирани процедури, кај софтверите со отворен код имаме можност за комплетно редижајнирање и имплементација на апликациите. Лиценците за програмите и нивната цена се додатен фактор. Софтверските пакети за геопросторните апликации имаат висока цена во која треба да се вклучи релационата база на податоци (Oracle, Microsoft SQL server), Visual Studio .NET за изработка на решенијата итн. Од друга страна софтверските решенија од отворен код можат да се изработат во Java, со користење на Eclipse, Apache веб сервер итн. Истражувањата покажаа дека за имплементација на геопросторни апликации и сервиси подобро е да се користат софтверски продукти со отворен код.

Слика 4.7 Мозни софтверски пакети и технологии



- Бази на податоци
- Геоподаточни веб сервери
- Основа за геоподаточни веб сервиси
- Додатни апликации
- ГИС апликации

Главни двигатели за развојот на апликациите со отворен код за геопросторни податоци се Open Geospatial Consortium (OGC) и Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). OGC е интернационален индустриски конзорциум од 417 компании, владини агенции и универзитети кои учествуваат во процесот на развивање на стандардите. OSGeo е непрофитна организација чија мисија е поддршка и промовирање на отворени геопросторни софтверски апликации.

Фондација овозможува финансиска, организациона и правна помош на софтверите со отворен код. Проектите од фондацијата се бесплатни и достапни под OSI- сертифицирана open source лиценца.

Постојат неколку релациони бази на податоци Microsoft SQL Server, PostgreSQL и MySQL кои можат да се користат како основа за развој на хидро-информациониот систем. Microsoft SQL Server е комерцијална релациона база на податоци за која е потребна лиценца. Предностите во користење на Microsoft SQL Server се моето претходното искуство во развој на апликации. MySQL не е често користена за зачувување на геопросторните податоци. Истражувањето покажа дека база на податоци PostgreSQL заедно со додатокот PostGIS е успешно имплементирана во реализација на гео-информациони системи (Halpin et al. 2006) (Flügela et al. 2005) (Casagrande et al.). Веб сервисите развиени за хидро-информациониот систем подржуваат хетерогени и дистрибуирани бази на податоци но како основа на системот се користи PostgreSQL 9.0. PostgreSQL е бесплатна релациона база на податоци која работи на повеќето оперативни системи.

OSGeo промовира неколку софтверски пакети за веб мапирање, десктоп апликации, геопросторни библиотеки итн. Софтверски пакети кои успешно се користат за менаџирање на геопросторните податоци се MapServer и Geoserver. MapServer (Mapserver) е софтвер со отворен код за развој на геопросторните веб апликации и сервиси кој може да се интегрира со ГИС. Geoserver (Geoserver) е сервер со отворен код креиран во Java за менаџирање на геопросторните податоци (Deoliveira 2008) (Gw et al.). Апликацијата е дизајнирана и имплементирана со поддршка на OGC стандардите за WFS, WMS, WCS и другите сервиси. Geoserver е исклучително важен дел од архитектурата на хидро-информациониот систем и е среден слој помеѓу веб сервисите и базата на податоци.

Постојат неколку можни софтверски решенија за креирање на специјализирани геопросторни веб сервиси. OSGeo презентира неколку успешни имплементации на такви системи со користење на Geomajas (Geomajas), Mapfish (Mapfish), OpenLayers (OpenLayers) и други. Geomajas е мокна веб ГИС платформа со отворен код и клиент-сервер интеграција за прикажување и едитирање на геопросторните податоци со имплементација на OGC стандардите. MapFish е флексибилна и комплетна платформа за градење на веб геопросторни апликации,

базирана на Pylons Python веб рамката и овозможува специфични алатки за креирање на веб сервиси. OpenLayers е JavaScript библиотека за прикажување и обработка на геопросторни податоци преку интернет (Schrader-Patton et al.) (Trip). OpenLayers ги имплементира JavaScript API за креирање на веб базирани геопросторни апликации слични со Google Maps и MSN Virtual Earth API со една важна разлика што OpenLayers е софтвер со отворен код и ги подржува OGC стандардите. Во истражувањето кој од наведените софтвери да се користи за имплементација на системот, OpenLayers се покажа како најдобро решение. Geomajas е комплексна апликација со лимитирани можности за специфична имплементација. MapFish е базиран на Python и е посложен за имплементација отколку OpenLayers. OpenLayers е JavaScript библиотека која овозможува оригинален дизајн и развивање на апликацијата.

Освен овие три главни софтверски компоненти во изработката на хидро-информациониот систем се користат уште неколку додатни софтверски пакети. Mapinfo и ESRI Arc Gis се ГИС десктоп програми во кои се изработуваат геопросторните мапи и податоци. uDig(uDig) е десктоп апликација од отворен код изградена во Java и Eclipse Rich Client technology (Sherman 2008). uDig се користи како замена на комерцијалните ГИС десктоп програми во обработка и контрола на геопросторните податоци. Апликацијата uDIG е интернет ориентирана, ги подржува OGC стандардите (WMS, WFS, WCS) и се користи за тестирање на геопросторните веб сервиси.

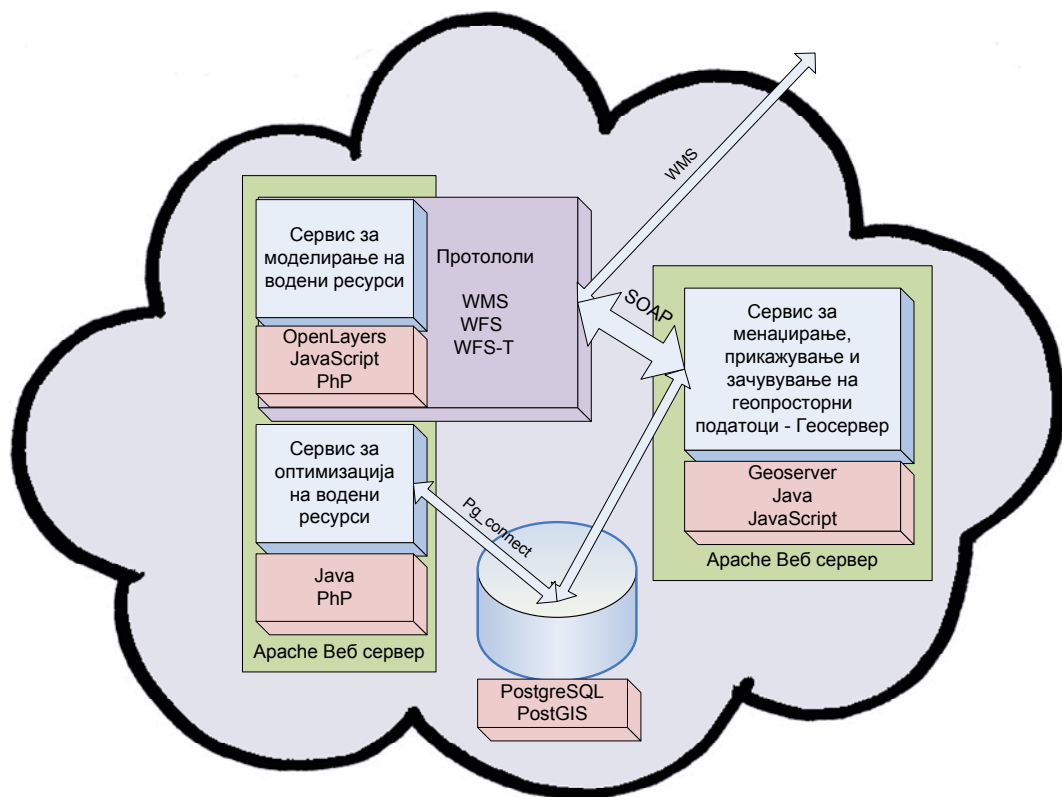
Геопросторните веб сервиси базирани на OpenLayers се подржани во интернет пребарувачите бидејќи се базирани на JavaScript и обичен HTML. Развиените веб сервиси освен JavaScript содржат AJAX и PHP скрипти за зголемување на функционалноста на веб апликацијата. Веб апликацијата работи на Apache Http Server кој е дел од пакетот XAMPP.

Во истражувањето и развивањето на апликацијата за оптимизација на водни ресурси се користи програмскиот јазик Java и Eclipse платформата. Главната причина за користење на овие софтверски пакети е нивната популарност и можности за развивање на апликации.

4.3 Архитектура на хидро-информациониот систем

Претходното поглавје ги опишува главните концепти, софтверски компоненти и технологии кои се користат при развивањето и имплементирањето на хидро-информациониот систем. Внимателно беа селектирани технологии, софтверски пакети и програмски јазици за развој на хидро-информациониот систем за негова понатамошна надградливост, скалабилност и интероперазивност.

Слика 4.8 Генерална архитектура на хидро-информациониот систем



Концептот на хидро-информациониот систем е развивање на облак апликација базирана на дистрибуирана и хетерогена платформа изградена на софтверски решенија од отворен код. Генералната архитектурата и компоненти на хидро-информациониот систем се дадени на слика 4.8. Хидро-информациониот систем е облак апликација составена од веб сервиси. Дизајнираме и развиваме три основни сервиси на хидро-информациониот систем:

1. Сервис за менаџирање, прикажување и зачувување на геопросторни податоци - Геосервер.

Сервисот за менаџирање, прикажување и зачувување на геопросторни податоци е составен од две главни компоненти, веб апликација Геосервер и релациона база на податоци HМаk. HМаk е развиена со користење на релационата база на податоци PostgreSQL 9.0 и додатокот за работа со геопросторни податоци PostGIS 1.5. PostGIS пакетот содржи апликација Shape File to Postgis Importer со која се внесуваат просторните податоци во HМаk. Листата на геопросторни податоци за Република Македонија кои се внесуваат во HМаk е дадена прилог 1. Геосервер е мoкна веб апликација која ги менаџира, прикажува и зачувува геопросторните податоци и ги поврзува со хетерогени и дистрибуирани бази на податоци користејќи ги OGC стандардите. Хидро-информациониот систем ја користи Геосервер како веб интерфејс за пребарување, прегледување и преземање на геопросторните податоци. Поважната функција на Геосервер е како среден слој кој ги абстрахира дистрибуираните податочни извори и дава платформа за користење на геопросторните податоци од страна на сервисите на хидро-информациониот систем.

2. Сервис за моделирање на водни ресурси

Сервисот за моделирање на водни ресурси е базиран на веб ГИС изграден користејќи неколку софтверски пакети и технологии како PHP, AJAX, JavaScript, OpenLayers и други. Основата на сервисот е OpenLayers библиотеката која ги подржува OGC стандардите WMS, WFS и WFS-T. WFS-T стандардот ги подржува стандардните функции за внесување, менување, зачувување на векторските геопросторни податоци. Геопросторните податоци се преземаат користејќи SOAP од Геосервер апликацијата.

3. Сервис за оптимизација на водните ресурси

Сервисот за оптимизација на користењето на водни ресурси е изграден користејќи ја HМаk и специјализирана Java апликација ДП. Сервисот врши оптимизација на работењето на резервоарот т.е оптимална контрола на водните ресурси. Креирана е веб форма преку која се внесуваат податоците во HМаk и копче која ја повикува ДП програмата. ДП програмата го користи алгоритмот за динамичко

програмирање за определување на оптималното користење на водните ресурси. Резултатите од оптимизацијата се презентираат на посебна веб страна.

Хидро-информациониот систем ги интегрира трите главни сервиси креирајќи облак апликација. Предностите на креираниот систем се неговата флексибиност, скалабилност, интероперабилност и хетерогеност што се дефинирани од неговиот дизајн и составни компоненти. Деталното објаснување на секој од сервисите, неговиот дизајн и имплементација се дадени во наредните поглавја.

5 Развивање на апликација за оптимизација на водните ресурси на хидро-информациониот систем

Поглавјето ги опишува можностите за оптимизација на водните ресурси. Презентиран е краток историски преглед на методите за оптимизација како и математичко дефинирање на проблемот за оптимална операција на резервоарот. Објаснето е користењето на динамичко програмирање во решавањето на проблемот на оптимизацијата. Потоа е покажан процесот на развивање и имплементирање на апликација за оптимизација на водни ресурси со користење на алгоритмот за динамичко програмирање. Апликацијата е развиена со користење на програмскиот јазик JAVA и е демонстриран пример за определување на оптималната крива на резервоарот.

5.1 Истражувања за оптимизација на водните ресурси

Оптимизацијата на водните ресурси е посебен сегмент од развојот на хидро-информациониот систем на Република Македонија. Покрај големиот напредок во оптимизацијата на работата на резервоарите, ова подрачје е сеуште атрактивно за истражување. проблемот е актуелен поради комбинацијата на конфликтни водни корисници, нелинеарноста на моделот, варијацијата и неизвесните врнежи, високата димензионалност на просторот на состојби и други фактори. Динамичкото програмирање (ДП) а потоа и стохастично динамичното програмирање (СДП) се едни од најупотребуваните методи за определување на оптималната операција на резервоарите.

Првата апликација на ДП за менаџмент на водните системи е од Hall (Hall et al. 1961). Потоа методот успешно е применет во менаџментот на резервоарите, посебно во производството на струја. Во почетокот на раните 1980 год интересот

се проширува на стохастичката верзија на динамичкото програмирање во операцијата на повеќе намески резервоари и мрежи на резервоари (Yakowitz 1982) (Yeh 1985) и други автори (Read 1989), (Piccardi et al. 1991), (Pianosi et al. 2009).

Покрај истражувањата во литературата ДП и СДП се ограничени од два главни фактори кои ја лимитираат практичната апликација на реално комплексен воден систем. Првиот фактор е што комплексноста на проблемот расте експоненцијално со димензиите на состојбата, одлуката и нарушувањата (curse of dimensionality) (Bellman 1957), така што ДП и СДП не можат да се користат во воден систем каде што бројот на резервоари е поголем од 2-3. Втор фактор е потребата од експлицитен математички модел на секоја од компонентите на водниот систем и нивните транзиции. Информациите како температура, врнежи, снежна покривка кои ефективно можат да влијаат врз операцијата на резервоарот не можат лесно да се моделираат (couse of modelling). Нивното моделирање го зголемува просторот на состојби и директно димензионалноста на проблемот. Објектите и параметрите во моделирањето на мрежа од резервоари се просторно дистрибуирани што уште повеќе го комплицира моделот.

Постојат повеќе методи за надминување на димензионалноста на проблемот како динамичко програмирање базирано на сукцесивни апроксимации (Bellman et al. 1959), инкрементирачко динамичко програмирање, диференцијално динамичко програмирање (Jacobson et al. 1970) итн. Некои од предложените решенија го решаваат проблемот со редуциран модел на системот. Сепак овие методи се тешко применливи за оптимизирање на водните ресурси.

5.2 Дефинирање на проблемот

Дизајнирањето на оптимална операција на резервоар на вода може да се конструира со контролен систем со повратна врска (слика 5.1), применет во дискретно време, со период T од една година (Castelletti et al. 2008). За секое дискретно време t од иднината, со даден почетен волумен s_t во резервоарот, оперативната полиса p дава волумен (одлука за ослободување на вода) кој се ослободува во временскиот интервал $[t, t+1]$ (24 часови за дневна операција). Подобрена оптимизација може да се добие ако се земат во предвид

метеролошките информации (врнежи, температура) и хидролошката информација (претходниот доток на вода, влажноста на почвата, испарувањето итн) $I_t = [I_t^1, I_t^2, \dots, I_t^L]$. Индексот L покажува колку додатни фактори се вклучуваат во оптималната операција на системот.

Слика 5.1. Оптимална операција на резервоар со користење на повратна врска



Моделот на водниот систем е дефиниран од динамиката на резервоарот и равенката за запазување на водната количина:

$$s_{t+1} = s_t + a_{t+1} - r_{t+1} \quad (1)$$

Каде s_t е количината на вода во резервоарот, a_{t+1} е вкупниот доток на вода во временскиот интервал $[t, t+1]$ кој го вклучува испарувањето и другите загуби и r_{t+1} е испуштањето на вода во истиот временски период. Испуштањето на вода r_{t+1} е функција од одлуката за испуштање на вода u_t направена во време t , количината на вода во резервоарот s_t и дотокот на вода a_{t+1} т.е

$$r_{t+1} = R_t(s_t, u_t, a_{t+1}) \quad (2)$$

Функцијата на испуштање на вода $R(\cdot)$ е нелинеарна, периодична функција (со период T) која ја опишува релацијата помеѓу одлуката u_t и оствареното ослободување на вода r_{t+1} .

Поголем број на алтернативи можат да се користат за моделирање на дотокот на вода во резервоарот a_{t+1} , зависно од метеролошките и хидролошките податоци кои се достапни. Додека традиционалните модели базирани на процесите (кои често се геопросторно дистрибуирани) се комплексни (имаат голем број на варијабли на состојба) за да се користат во контрола со повратна врска, статистичките модели даваат баланс помеѓу компактната, точноста и често се користат во дизајнирањето на оптималната операција на резервоарот. Генерална формулација за дотокот може да се опише како:

$$a_{t+1} = A_t(I_t, \varepsilon_{t+1}) \quad (3)$$

Каде A_t е периодична функција со период T и ε_t е стохастичко нарушување. На пример a_{t+1} може да биде моделирана како:

$$a_{t+1} = \exp(y_{t+1}\sigma_t + \mu_t) \quad (4a)$$

$$y_{t+1} = \sum_{i=1}^d \alpha_{i,t} y_{t-i+1} + \varepsilon_{t+1} \quad (4b)$$

Каде што μ_t и σ_t се периодична средна и стандардна девијација на процесот, $\alpha_{i,t}$ е параметар кој е асоциран со i -тиот авторегресивен параметар во времето t и ε_{t+1} е со средна вредност нула, гаусов бел шум со константна варијација. Во овој случај информацискиот вектор I_t е составен од d саморегресирачки y_{t-i+1} ($i=1, \dots, d$). Ова е еден начин на моделирање на дотокот на вода кој може успешно да се користи при оптимизација на резервоари.

Моделирањето на водните системи составени од сливно подрачје и резервоар може да се репрезентира компактно со следната векторска диференцијална равенка:

$$x_{t+1} = f_t(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1}) \quad (4)$$

Каде што векторот на состојба $x_t \in S_{x_t} \subset \mathbb{R}^{n_x}$ со $n_x = 1 + L$ вклучува варијабли на состојба (количина на вода во резервоарот) и метеролошки/хидролошки информации; каде што $u_t \in U_t(s_t) \subseteq S_{u_t} \subset \mathbb{R}$, $U_t(s_t)$ е сет од можни одлуки, стохастичното нарушување $\varepsilon_{t+1} \in S_{\varepsilon_{t+1}} \subseteq \mathbb{R}$ кое е периодично со период T исто како и функцијата $f_t(\cdot)$ и сетот $U_t(\cdot)$

Кога мрежа од N резервоари се моделира, векторот на состојби $s_t = [s_t^1, \dots, s_t^N]$ се зголемува за да се вклучи векторот N од P резервоари и I_t^L информациски вектори и P метеролошки/сливни системи ($L=1, \dots, P$) каде што P може да биде различен од N и $n_x = N + L \cdot P$. Стохастичното нарушување $\varepsilon_{t+1} \in S_{\varepsilon_{t+1}} \subseteq \mathbb{R}$ е составено од P нарушувања ε_{t+1}^L заедно со нивната функција $\phi(\cdot)$ и финално одлуката за испуштање на вода $u_t \in U_t(s_t) \subseteq S_{u_t} \subset \mathbb{R}$ чии компоненти се одлуките за испуштање на вода u_t^j од секој резервоар j $j = 1, \dots, N$ $n_u = N$.

Постоењето на различни операциски цели q , одговараат на различните корисници на вода и другите социјални и еколошки интереси можат да бидат формализирани со дефинирање на периодична, со период T , функција на добивка $g_{t+1} = g_t(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1})$ која е асоцирана со транзицијата помеѓу x_t и x_{t+1} .

Имајќи во предвид дека обработуваме мултикритериумска анализа на проблемот функцијата може да се добие како тежинска сума од q чекорни добитни функции $g_{t,i}(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1})$ $i = 1, \dots, q$ кој ги опишуваат сите корисници и интереси т.е

$$g_t(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1}) = \sum_{i=1}^q \lambda_i g_{t,i}(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1})$$

Каде што λ е тежината а i е индексот на корисникот и $\sum_{i=1}^q \lambda^i = 1$ сп $\lambda^i \geq 0 \quad \forall i$

Полиса на работење на системот p е дефинирана како секвенца од $p = \{m_0(\cdot), m_1(\cdot), \dots\}$ операции.

$$u_t = m_t(x_t)$$

Временскиот хоризонт h на операција на системот може да биде конечен или бесконечен. Во моделирањето на природните системи обично се преферира бесконечен временски хоризонт. Конечниот временски хоризонт бара дефинирање на финална состојба што тешко се определува. Од друга стана при имплементирање на бесконечниот временски хоризонт потребен е фактор на намалување за да осигура конвергенција на алгоритмот за дизајнирање на полисата.

За дадените тежини λ_i и вкупни $i = 1, \dots, q$ кориснички функции поврзани со оперативната полиса над бесконечен хоризонт може да се дефинира како:

$$J(p) = \lim_{h \rightarrow \infty} \sum_{t=0}^{h-1} \gamma^t g_t(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1}) \quad (8)$$

Каде што $0 < \gamma < 1$ и вредноста на γ^t се намалува со секој чекор и во бесконечност е $0 \lim_{t \rightarrow \infty} \gamma^t = 0$ што осигурува конвергенција. Оптималната полиса p^* се добива со решавање на следниот контролен проблем:

$$p^* = \operatorname{argmax} J(p) \quad (9)$$

Равенката за конечен временски хоризонт h е следната :

$$p_h^* = \operatorname{argmax}_{p_h} \left[\sum_{t=0}^{h-1} \gamma^t g_t(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1}) + \gamma^h H_h(x_h) \right] \quad (10)$$

Каде што $H_h(x_h)$ е функција која е целосната очекувана добивка која ќе се случи ако се почне од состојбата x_h и се релализираат оптималните одлуки од временскиот период $[h, \infty)$. Бидејќи γ^h тежи кон 0 како што h оди кон бесконечност, решавањето на проблемот е еквивалентен со следната секвенца на полиси кога временскиот хоризонт h оди во бесконечност:

$$p_h^* = \arg \max_{p_h} \sum_{t=0}^{h-1} \gamma^t g_t(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1}) \quad (11a)$$

$$x_{t+1} = f_t(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1}) \quad t = 0, \dots, h-1 \quad (11b)$$

$$m_t(x_t) = u_t \in U_t(x_t) \quad t = 0, \dots, h-1 \quad (11c)$$

$$\varepsilon_{t+1} = \phi(\cdot | x_t, u_t) \quad t = 0, \dots, h-1 \quad (11d)$$

$$x_0 \text{ е дадено} \quad (11e)$$

$$p_h = \{m_t(\cdot); t = 0, \dots, h-1\} \quad (11f)$$

Со реформулирање и решавање на проблемот за различни вредности на λ_i се добива парето оптимална полиса. Бидејќи системот (равенки (11b-d)) и вкупната функција на добивка (11a) се периодични со период T , оптималната полиса p^* е истотака периодична со истиот период т.е :

$$p_h = \{m_0^*(\cdot), m_1^*(\cdot), \dots, m_{T-1}^*(\cdot)\}$$

5.3 Динамичко програмирање

Формулацијата на оптималниот проблем (11) е вклучува фундаменталната претпоставка на динамичкото програмирање дека експлицитен модел на системот и ефектите од секоја транзиција можат да се престават (curse of modeling):

1. Сите системски динамики се познати и експлицитно моделирани во равенките (11b) што значи дека метеролошката и хидролошката информација е вклучена во ДП т.е формулација како варијабла во состојбата I_t .
2. Векторот на нарушување е познат (равенка (11d)) т.е нарушувањата се независни во време или се зависни од претходните временски периоди.

3. Функцијата на добивка $g_t(\cdot)$ е позната во секој чекор т.е само зависи од варијаблите дефинирани во временскиот интервал $[t, t+1)$

Решението на проблемот (9) и (11) се пресметува рекурзивно со решавање на Белмановата равенка:

$$Q_t(x_t, u_t) = g_t(x_t, u_t, \varepsilon_{t+1}) + \gamma \max_{u_{t+1}} Q_{t+1}(x_{t+1}, u_{t+1}) \quad \forall (x_t, u_t) \in S_{x_t} \times S_{u_t} \quad (12)$$

Каде што $Q_t(\cdot, \cdot)$ е таканаречена Q - функција или вредносна функција, т.е, кумулативната очекувана добивка која резултира од одлуката за испуштање на вода u_t во време t во состојба x_t .

Релацијата помеѓу Q -функцијата $Q_t(\cdot, \cdot)$ и функцијата на вредност $H(\cdot)$, оригинално е воведена од *Bellman* [1957] дадена со следната формула:

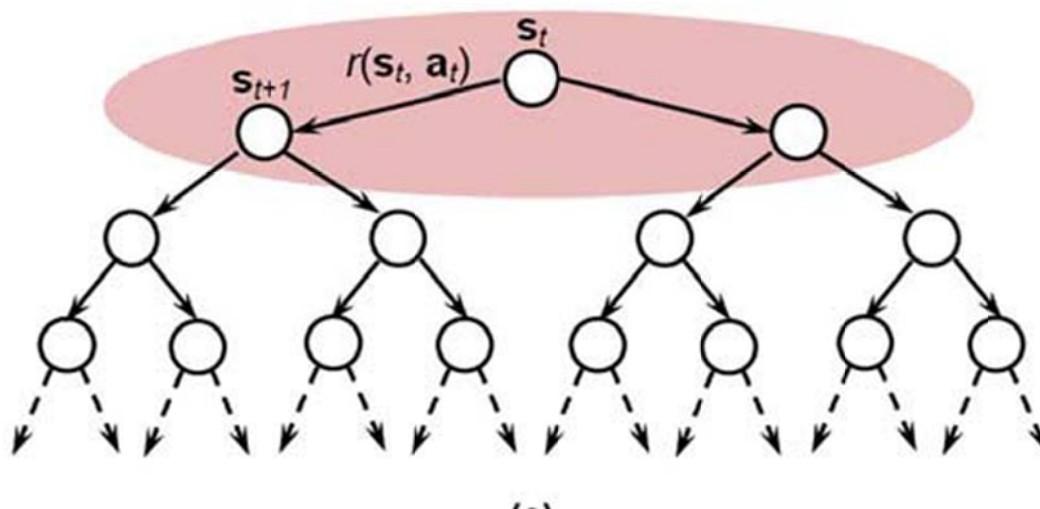
$$H_t(x_t) = \max_{u_t} Q_t(x_t, u_t) \quad (13)$$

Решението на проблемите (9) и (11) се добива со итеративно решавање на равенката (12) со рекурзивно враќање наназад во периодот $T-1, \dots, 0$ и повторување на циклусот додека не се добие оптималното решение. Последните Q -функции се оптималните Q^* -функции од кои оптималната полиса на одлучување е дадена со

$$m_t^*(x_t) = \arg \max_{u_t} Q_t^*(x_t, u_t) \quad (14)$$

За определување на десната страна на равенката (12), S_{x_t} , S_{u_t} , и $S_{\varepsilon_{t+1}}$ просторот на состојби, одлуки за испуштање на вода и нарушувањата мора да бидат дискретизирани и целосно истражени во секој чекор на обработка на моделот (exhaustive search) слика 5.2.

Слика 5.2 Пребарување по сите можни состојби на системот (exhaustive search)



Изборот на дискретизација е есенцијален рефлектирајќи ја комплексноста на алгоритмот, кој е комбинација од бројот на состојби, испуштања, нарушувања и нивната дискретизација. Нека N_{x_t} , N_{u_t} и $N_{\varepsilon_{t+1}}$ е бројот на елементи на дискретизираниите состојби, испуштање на вода и нарушувањата тогаш рекурзивната функција kT за итерациски чекори е:

$$kT \cdot (N_{x_t}^{n_x} \cdot N_{u_t}^{n_u} \cdot N_{\varepsilon_t}^{n_\varepsilon}) \quad (15)$$

Равенката (15) ја покажува димензионалноста на проблемот (curse of dimensionality) т.е експоненцијалниот раст во бројот на операции и обработка на податоци со зголемување на комплексноста на состојбата и акцијата. Од овде се гледа дека ДП може да се аплицира само со поедноставување на моделот на системот.

5.4 Развивање на апликација за оптимизација на водни ресурси со користење на алгоритмот за динамичко програмирање во Java

Прототип апликацијата ДП базирана на алгоритмот за динамичкото програмирање е развиена во Java со користење на Eclipse развојната околина.

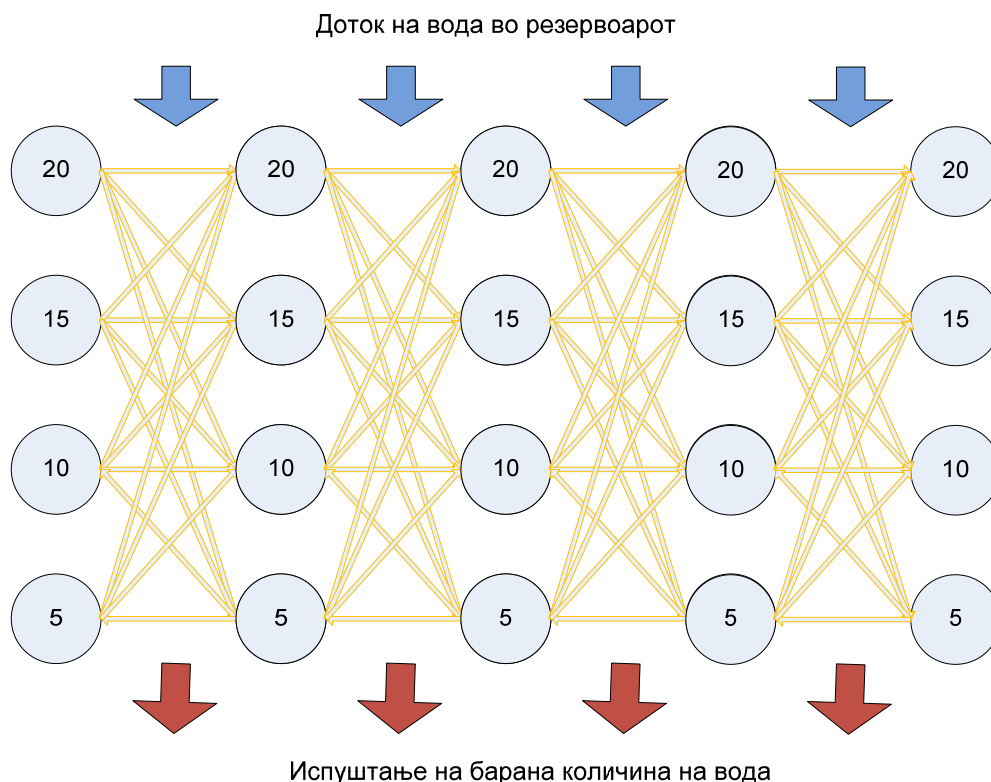
Апликацијата ДП го решава проблемот за оптимално искористување на водните ресурси од резервоарот. Развивањето на апликацијата ДП се базира на сопствен код што овозможува целосна контрола во нејзината имплементација. Како влез во апликацијата се користат пет влезни низи на податоци прикажани на слика 5.3.

Слика 5.3 Влезни податоци во апликацијата за оптимизација на водни ресурси

Inflow	Demand	Flood	Recreation	Discretization
Int TS Double Inflow	Int TS Double Demand Double Weight	Int TS Double Flood Double Weight	Int TS Double Recreation Double Weight	Double Discretization

Табелата Inflow е низа од реални броеви што го определуваат дотокот на вода во секој дискретизиран временски период. Потребите за вода на корисниците и тежинскиот фактор во секој временски период се наоѓаат во табелата Demand. Табелата Flood ја содржи временската низа која определува колкава е максималната дозволена количина на вода во резервоарот во одреден период.

Слика 5.4 Модел на резервоар кој се користи во алгоритмот за динамичкото програмирање



Дотокот на вода во одредени периоди (есен, пролет) може да биде значително зголемен и да доведе до поплави. Алгоритамот бара решение кое нема да ја надмине дефинираната горна граница а тежинскиот фактор ја определува можноста за поплави. Табелата Recreation ја дефинира посакуваната количина на вода во резервоарот за рекреативните потреби во летните месеци. Последната табела Discretization е дискретизацијата на волуменот на резервоарот. Апликацијата ДП има развиено интерфејс IData помеѓу податоците од базата на податоци HMax и апликацијата ДП.

Алгоритамот на динамичкото програмирање работи на следниот принцип. Количината на вода во резервоарот ја дискретизираме според внесените податоци во табела Discretization. На сликата 5.4 е дадена дискретизацијата на волуменот, дотокот и истекот на вода во секој временски период.

Формулата по која се пресметуваат чекорите е следната:

$$S_{t+1} = S_t + I_t - R_t$$

Каде што S е количина на вода во резервоарот, I е дотокот и R е испуштањето на вода. Постојат неколку цели кои треба да ги задоволиме за оптимална работа на резервоарот како доволно вода за корисниците, заштита од поплави и доволна количина на вода за рекреација. Дефинираме сума на квадратни девијации како:

$$TSD_t = 0$$

$$\text{if } (wFT_t > 0) \ \&\& \ (FT_t - S_t < 0)$$

$$TSD_t = TSD_t + wFT_t (FT_t - S_t)^2$$

$$\text{if } (wFT_t > 0) \ \&\& \ (FT_t - S_{t+1} < 0)$$

$$TSD_t = TSD_t + wFT_t (FT_t - S_{t+1})^2$$

TSD_t е вкупната сума на квадратни девијации која ја иницијализираме на 0. wFT_t е тежинскиот фактор на ризикот од поплави во период t . FT_t е дефинираната горна граница на количината на водата во резервоарот за спречување на поплави.

if ($wRT_t > 0$) && ($RT_t - S_t > 0$)

$$TSD_t = TSD_t + wRT_t(RT_t - S_t)^2$$

if ($wRT_t > 0$) && ($RT_t - S_{t+1} > 0$)

$$TSD_t = TSD_t + wRT_t(RT_t - S_{t+1})^2$$

wRT_t е тежинскиот фактор на рекреацијата во период t . RT_t е дефинира долната граница на количината на вода во резервоарот потребна за рекреација.

if ($wT_t > 0$) && ($T_t - S_t > 0$)

$$TSD_t = TSD_t + wT_t(T_t - S_t)^2$$

wT_t е тежински фактор на потребата за вода од корисниците во период t . T_t е вкупното барање за вода од резервоарот.

За решавање на оптимизацијата потребно е минимизација на квадратната девијација:

$$\min \sum_{t=0}^T TSD_t$$

Целта е да се најде патека низ дискретизираниите состојби на системот која ќе ја минимизира сумата на квадратни девијации асоцирана со секој премин од состојба-> акција-> состојба. Оптималниот пат може да се најде со рекурзивно решавање со враќање назад т.е процедурата за дискретно динамичко програмирање (Bellman et al. 1962). За подобро објаснување на алгоритмот представен е пример со влезни податоци дадени во табела 5.1 и дискретизацијата на резервоарот на 0,5,10,15 и 20 единици.

Развивање на апликација за оптимизација на водните ресурси на хидро-
информациониот систем

Timeseries	Inflow	Demand	Demand W	Flood	Flood W	Recreation	Recreation W
1	10	5	0.6	15	1	0	0
2	12	6	0.7	16	1	0	0
3	14	7	0.8	17	1	0	0
4	10	8	0.9	20	0	0	0
5	8	10	0.9	20	0	10	0.5
6	5	12	1	20	0	10	0.7
7	4	12	1	20	0	10	0.8
8	4	15	1	20	0	10	0.8
9	7	10	1	20	0	10	0.6
10	10	8	0.8	18	1	0	0
11	11	7	0.8	17	1	0	0
12	15	6	0.8	16	1	0	0

Табела 5.1 Влезни податоци во апликацијата ДП

Влезните податоци содржат дванаесет периоди и сите други дотокот на вода, потребите за вода, горната и долната граница на резервоарот и специфичните тежини на сите параметри.

Резултатот кој го добиваме е следниот табела 5.2 и слика 5.11 :

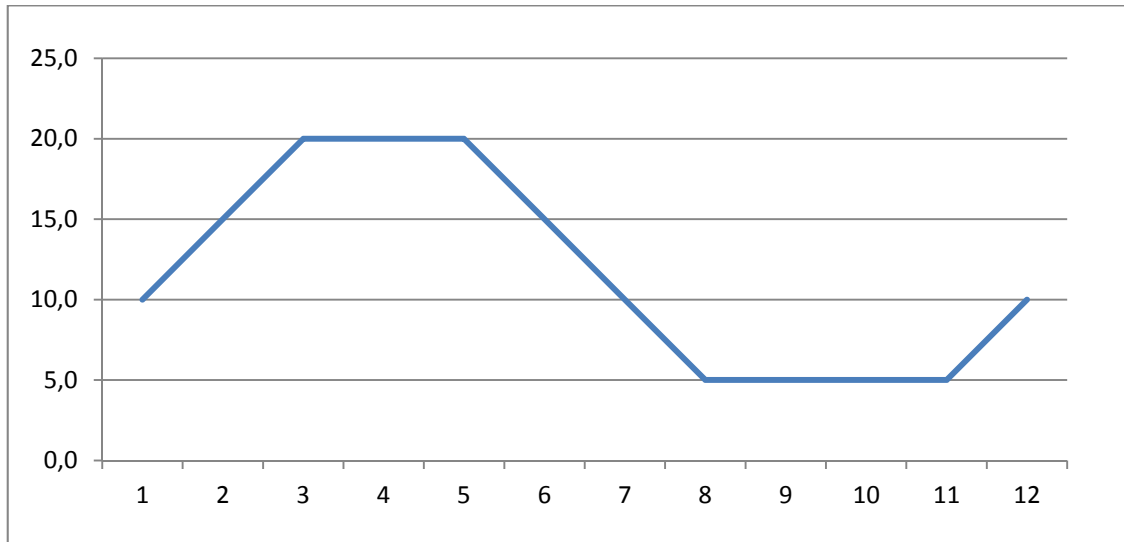
Период	Почетна состојба	Дотек	Испуст	Крајна состојба	TSD
1	10,0	8,0	8,0	10,0	0,0
2	10,0	10,0	5,0	15,0	0,7
3	15,0	12,0	7,0	20,0	9,0
4	20,0	10,0	10,0	20,0	0,0
5	20,0	8,0	8,0	20,0	14,4
6	20,0	5,0	10,0	15,0	25,0
7	15,0	4,0	9,0	10,0	25,0
8	10,0	4,0	9,0	5,0	36,0
9	5,0	7,0	7,0	5,0	39,0
10	5,0	10,0	10,0	5,0	0,0
11	5,0	11,0	11,0	5,0	0,0
12	5,0	15,0	10,0	10,0	0,0

Табела 5.2 Резултати од апликацијата ДП

Резултатите ја даваат оптималната крива на резервоарот т.е патеката по која треба да се движи системот за ограничувањата да бидат се максимално задоволени. TSD

ја дава вкупната сума на квадратни девијации и можеме да забележиме од дадениот пример дека во летните месеци се зголемува поради неможноста за доставување на бараната количина на вода.

Слика 5.5 Оптимална крива на резервоар



Оптималната крива на резервоарот слика 5.5 е решение само за претпоставениот дотек на вода даден во табела 5.1. Еден факт е сигурен дека дотекот на вода во резервоарот е непредвидлив независно од моделот. Затоа е потребно развивање на неколку симулации и модели каде што вредностите на дотекот на вода варираат и со тоа директно го менуваат резултатот. Моделите можат да се разликуваат и во другите параметри како потребите за вода, поплави и рекреација како и нивните специфични тежини. Симулациите треба да бидат евалуирани и редефинирани со цел да се пронајде оптимално решение што ги задоволува бараните цели.

6 Развивање на веб апликации за Хидро-информациониот систем

Поглавјето го презентира развојот на хидро-информациониот систем. Хидро-информациониот систем е облак апликација составен од три веб сервиси кои се дистрибуирани, интероперабилни и базирани на OGC стандардите. Додатна компонента е специјално креирана апликација за оптимизација на водните ресурси. Поглавјето детално ги објаснува веб сервисите, нивните компоненти и имплементација на сите составни делови на хидро-информациониот систем.

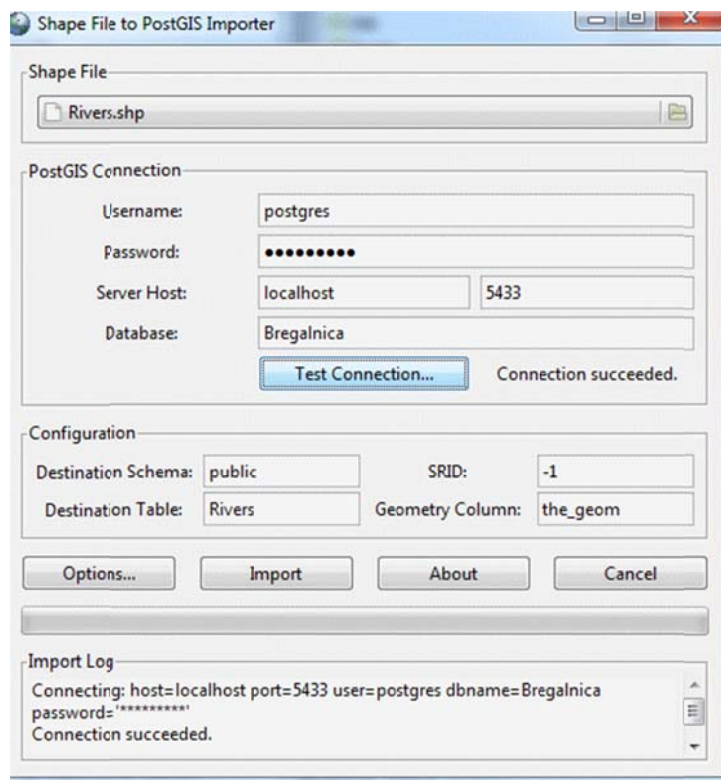
6.1 Креирање на геопросторна релациона база на податоци Хидро-База

Имплементација на системот започнува со креирање на базата на податоци HMac. HMac е развиена со користење на софтверот PostgreSQL заедно со PostGIS за поддршка на стандардни и геопросторни податоци. Главна функција на HMac е централна база на податоци на развиените веб сервиси. Базата на податоци HMac е поделена на три генерални делови.

Првиот дел од базата на податоци HMac е креиран за сервисот за менаџирање, прикажување и зачувување на геопросторни податоци т.е веб апликацијата Геосервер. Овој сервис обезбедува гео-податочен сервер (Геосервер) во кој се организирани и зачувани сите гео-податоци за Република Македонија. Различните гео-просторни податоци дадени во прилог 1 се организираат и подготвуваат за внесување во HMac. Геопросторните податоци за Република Македонија се во различни формати изработени од различни програмски пакети (Mapinfo, ArcGIS и други) и потребно е сите податоци да се конвертираат во ArcGIS формат. Откако сите податоци се во ArcGIS формат запазувајќи ги атрибутните табели, проекциите и другите важни параметри на мапите започнува нивното внесување

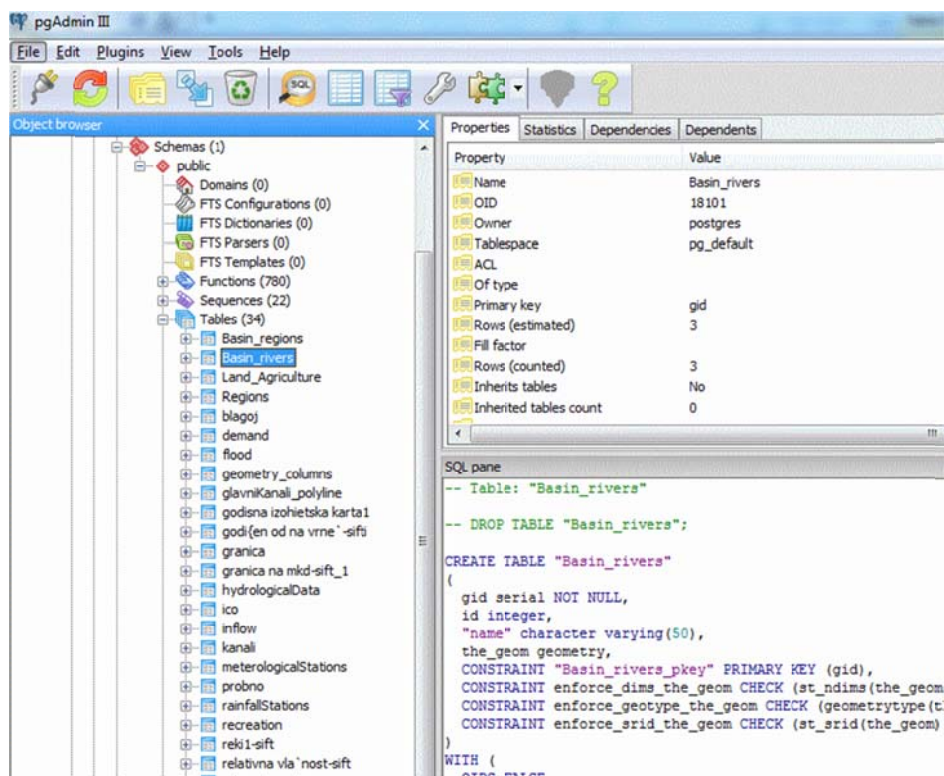
во базата HМаk со користење на програмата Postgiss Shapefile and DBF loader дадено на слика 6.1.

Слика 6.1 Внесување на геопросторните податоци на Република Македонија во базата на податоци HМаk



На овој начин ги внесуваме сите достапни геопросторни податоци за Република Македонија во релационата база HМаk. HМаk овозможува геопросторните податоци да ги користат системите за организација, администрација, дистрибуција, архивирање и сите други можности од релационите бази на податоци. На слика 6.2 е прикажната HМаk со нејзините табели во PostgreSQL базата на податоци.

Слика 6.2 НМак геопросторна релациона база на податоци



Вториот дел на НМак се гео-податоци за веб сервисот за моделирање на водни ресурси. Основата на веб сервисот за моделирање на водни ресурси се векторските мапи и нивните атрибути. Дизајнирањето на соодветните векторски мапи и нивните атрибути имаат за цел да ги покажат можностите на хидро-информациониот систем. Дефинирани се шест векторски мапи (слоеве) на податоци реки, канали, резервоари, корисници, дотек на вода, земјоделско земјиште и соодветните атрибутни табели. Во дизајнот на слоевите креирани се трите основни векторски мапи (точка, полилинија и регион) за демонстрација на функционалноста на хидро-информациониот систем со сите типови на податоци. Истотака користењето на трите основни векторски мапи дава можност за лесна надградба и унапредување на хидро-информациониот систем. Подолу детално е објаснет дизајнот на векторските мапи кои се користат во веб сервисот на моделирање на водни ресурси.

Прво ги дефинираме реките и каналите како географски полилинии и нивните атрибути табела 6.1 и табела 6.2.

1. Реки

Id	Integer
Name	String
Category	Integer
Spring_height	Double
Enter_height	Double
Goes_in	Integer

Index	Integer
Time_series_volumen	Array Double

Табела 6.1 Атрибути на објектот реки

2. Канали

Id	Integer
Lenght	Double
Category	Integer
Goes_in	integer

Index	Integer
Time_series_volumen	Array Double

Табела 6.2 Атрибути на објектот канали

Id-то е идентификаторот (река или канал) и заедно со другите атрибути го дефинираат објектот. Category ја определува категоријата на објектот, 1 е голема, 2 средна и 3 мала река или канал. Goes_in го дава идентификаторот на објектот во кој се влива реката/каналот. Spring_height е надморската висина на која извира реката а Enter_height е надморската висина во која се влива во друг објект. Lenght атрибутот ја определува должината на каналот.

Со секое внесување на нов објект имаме можност за креирање на временска серија на податоци. Временската серија на податоци се внесува во посебна ново креирана табела во HMac, која го добива името како комбинација од Id и името на полилинијата. Временската серија е низа од double вредности кои ја определуваат количината на вода во реката во секој временски интервал.

Резервоарите, корисниците и дотекот на вода се дефинирани како географски точки заедно со нивните атрибути табела 6.3.

3. Резервоари

Id	Integer
Name	String
Category	Integer
Max_volumen	Double
Min_volumen	Double

Index	Integer
Time_series_volumen	Array Double

Табела 6.3 Атрибути на објектот резервоари

Резервоарот е определен со неговите Id, Name, Category и Max-volumen кој ја дефинира максималната количина додека Min_volumen е минималната количина на вода во резервоарот. На истиот начин како реките и каналите, дефинираме временска серија на количината на водата во резервоарот што се внесува како посебна табела.

4. Корисници

Id	Integer
Name	String
Category	Integer
SWeight	Double

Index	Integer
Time_series_volumen	Array Double
Weight	ArrayDouble

Табела 6.4 Атрибути на објектот корисници

Корисниците на вода се дефинирани со нивните Id, Name, Category и SWeight. Дефинираме неколку категории на корисници на вода како населено место -0, земјоделие-1, енергија-2 и останати -3. SWeight го определува тежинскиот фактор на корисникот пр. тежинскиот фактор на градот е 100 додека на земјоделие е 10 итн. Со креирањето на објект од типот точка корисник, се креира нова табела чие име е id-то на корисникот и неговото име во која се внесуваат податоците за потребите на вода како и тежинскиот фактор кој го определува приоритетот на корисникот табела 6.4.

5. Дотек на вода

Id	Integer
Name	String
Category	Integer

Index	Integer
Time_series_volumen	Array Double

Табела 6.5 Атрибути на објектот дотек на вода

Дотекот на вода е објект од типот точка што определува колкава количина на вода доаѓа во реката, резервоарот или каналот од таа точка. Податоците за количината на вода се наоѓаат во временската серија на податоци на објектот табела 6.5.

Земјоделското земјиште е дефинирано како географски региони табела 6.6. Атрибутната табела на земјоделското земјиште содржи Name_user каде се внесува името на корисникот, Category поделбата на различни категории, Soil_type тип на почва, Vegetation_value вредност за вететацијата. Со внесување на секој регион се дефинираат и потребите на вода и неговиот приоритет.

6. Земјоделско земјиште

Id	Integer
Name_user	String
Category	Integer
Soil_type	String
Vegetation_value	Double

Index	Integer
Time_series_volumen	Array Double
Weight	ArrayDouble

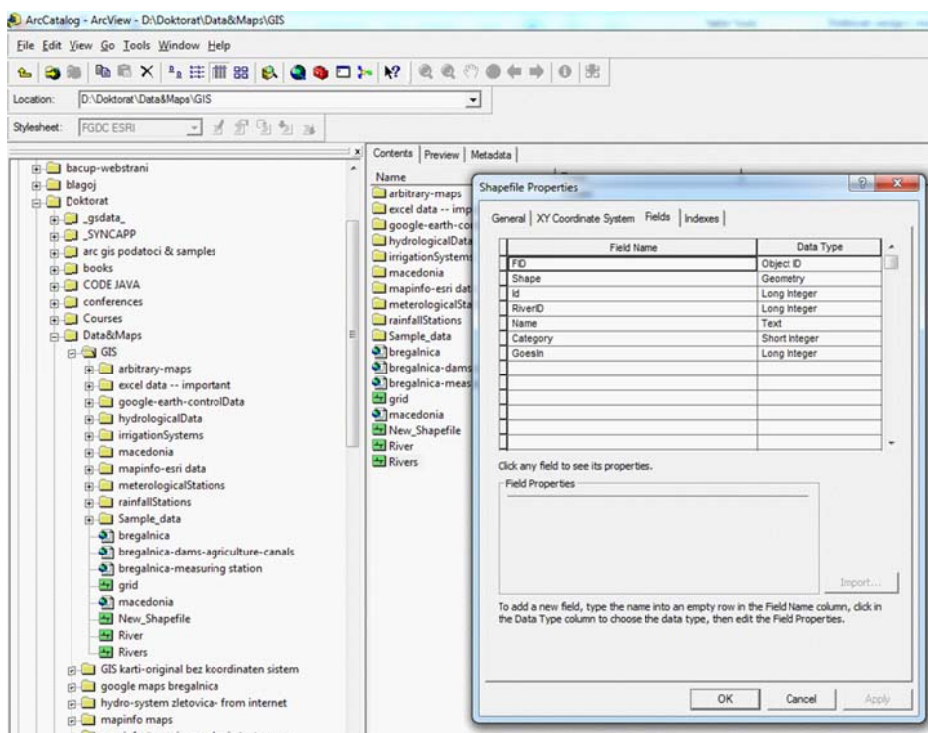
Табела 6.6 Атрибути на објектот земјоделско земјиште

Целта во дизајнирањето на атрибутите и временските податоци на векторските мапи е да се покаже основна функционалност на хидро-информациониот систем. Атрибутите на објектите се основни и потребна е нивна надградба при понатамошна имплементација и реализација на системот. Освен надградба на мапите и атрибутите потребни се и податоци кои ја даваат меѓусебната поврзаност на секој од објектите на мапата. Во поглавје 8 се дискутира за понатамошниот развој на хидро-информациониот систем.

Дефинираните векторски мапи (слоеве) ги содржат географските заедно со атрибутните податоци. Креирањето на векторските слоеви се прави со користење на ГИС пакетот ESRI (Arc Catalog и Arc Map) слика 6.3. По креирањето на векторските мапи сите тие се внесуваат во HMap и се спремни за поврзување со апликацијата Геосервер, а потоа и со сервисот на моделирање на водни ресурси.

Освен геопросторни податоци во хидро-базата се сместени и сите други типови на податоци. Составен дел на хидро-информациониот систем е апликацијата за оптимизација на водни ресурси ДП базирана на алгоритмот за динамичко програмирање. Апликацијата ДП е развиена во Eclipse со користење на програмскиот јазик Java. ДП користи 5 табели на податоци кои се креираат во HMap со користење на pgAdmin слика 5.5. Деталното објаснување за апликацијата и податоците е во поглавјето 5.

Слика 6.3 Креирање на векторските мапи за моделирање на водни ресурси

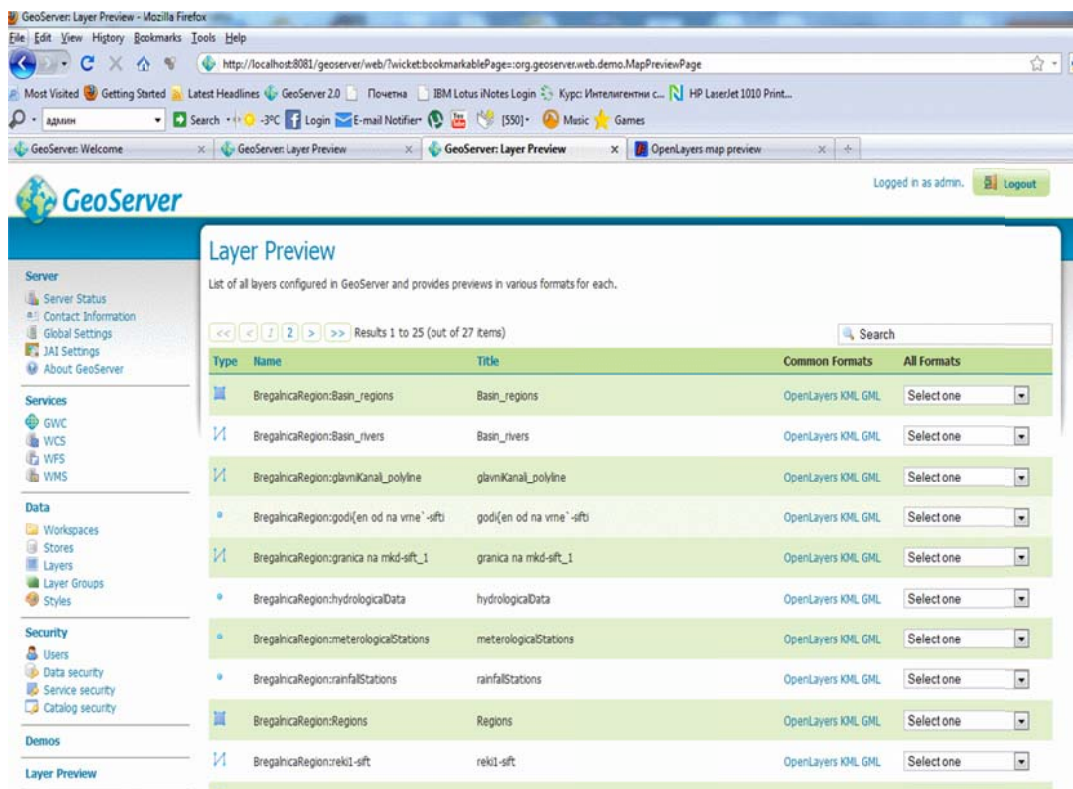


Геосерверот ги прикажува сите геопросторни податоци вклучувајќи ги и векторските мапи (податоци) за моделирање на водни системи. Моменталната имплементација на НМак е во една централна база на податоци за полесно тестирање на системот, но уште на ова ниво е можно дистрибуирање во три или повеќе релациони бази.

6.2 Креирање на сервис за менаџирање на геопросторни податоци Геосервер

Следен важен чекор во изградбата на хидро-информациониот систем е креирање и развивање на апликацијата Геосервер. Геосервер е Java веб апликација која ги имплементира OGC стандардите за WFS, WCS, WMS со интегриран веб мапирачки сервер.

Слика 6.4 Преглед на мапите во геосервер










Веб сервисот за менаџирање на геопросторни податоци Геосервер има две главни функции:

- 1) Првата функција е прикажување и пребарување на геопросторните податоци на интернет преку сопствен веб интерфејс. Веб апликацијата работи на Apache веб сервер и ги прикажува геопросторните податоци од HMap на интернет.
- 2) Втората функција е апликациски меѓуслој помеѓу податоците од HMap и креираниот сервис за моделирање на водни ресурси. Геосервер е моќно меѓуслојно решение кое ги абстрахира податоците од креираните сервиси. Сервисот за моделирање на водни ресурси комуницира со Геосерверот користејќи ги OGC стандардите не грижејќи се каде податоците се наоѓаат овозможувајќи дистрибуираност и интероперабилност.

На слика 6.4 е прикажан изгледот на Геосервер апликацијата. Геосервер е веб базирана апликација која има можност да ги менаџира геопросторните податоци

од повеќе дистрибуирани и хетерогени извори. Имплементираниот WMS стандард во Геосервер дава прикажување на мапите во различни излезни формати како KML, GML, Shapefile, GML2, GML3 и други за геопросторни векторски податоци и GIF, JPEG и други за растер податоци и слики. Геосервер ги подржува и WFS и WFS-T стандардите за споделување и едитирање на геопросторните податоци.

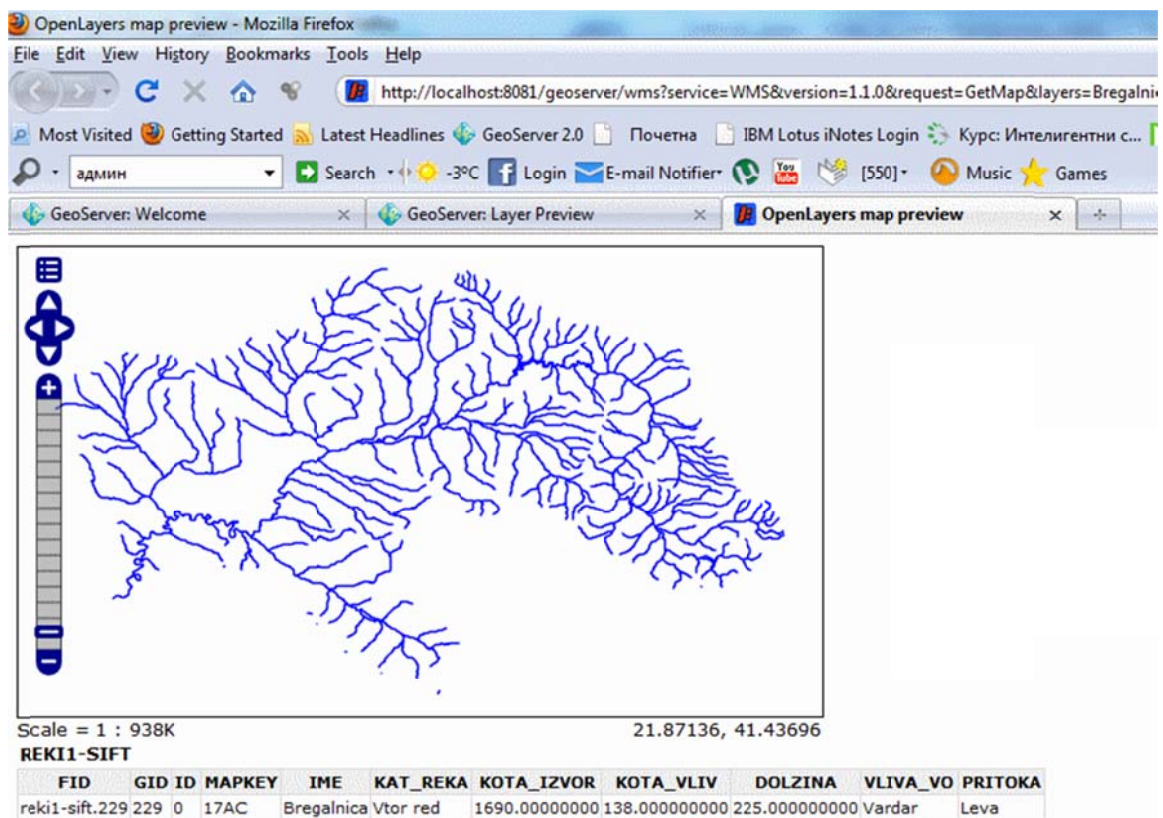
Апликацијата Геосервер ни дава можност за дефинирање на работен простор, податочни извори и мапи. Работниот простор е определува група од хетерогени и дистрибуирани извори на геопросторни податоци. Табелата 6.7 ги дава можните извори на податоци за Геосервер апликацијата. Дефинирањето на WFS извор на податоци е начин на поврзување со друг компјутерски систем и различен оперативен систем што е платформа за дистрибуиран, хетероген и интероперабилен веб гео-податочен сервер.

Векторски податочни извори	
 Директориум од геопросторни податоци	Директориум со геопросторни податоци се додава во Геосервер
 PostGIS	PostGIS база на податоци
 Shapefile	ESRI(tm) Shapefiles (*.shp) фајлови
 Web Feature Server	Дава можност за поврзување со сервер за геопросторни податоци користејќи го WFS и WFS-T стандардите
Растер податочни извори	
 ArcGrid	Формат на Arc Grid Coverage
 GeoTIFF	Растер слика од TIFF формат со географска информација
 Gtopo30	Gtopo30 формат на растер
и други	
Табела 6.7 Податочни извори во Геосервер	

По определувањето на изворите на податоци, се дефинираат пристапите до секој од геоподатоците во Геосервер. Геосервер дава можност за дефинирање на различни корисници и профили за пристап до гео-податоците. Пристапот може да вклучува WFS, WMS или некој друг протокол за менаџирање на геопросторните податоци. Во нашиот случај дефинираните векторски мапи (слоеве) во предходното поглавје се објавуваат на Геосерверот со привилегии за пристап со протоколите WFS и WMS што овозможува врска до податоците од HMap за креираните веб сервиси.

Векторската мапа на реките од брегалничкиот регион прикажани со користење на Геосервер апликацијата се дадени на слика 6.5. Геопросторните податоците за реките се наоѓаат во HMap. При селектирање на одреден објект (река) од мапата ги добиваме нејзините атрибути од базата на податоци. Платформата на Геосервер дава можност за креирање на корисници, дефинирање на нивните привилегии на системот, пребарување низ податоците на геосерверот по нивните метаподатоци итн.

Слика 6.5 Приказ на гео-податоците од Геосервер на интернет

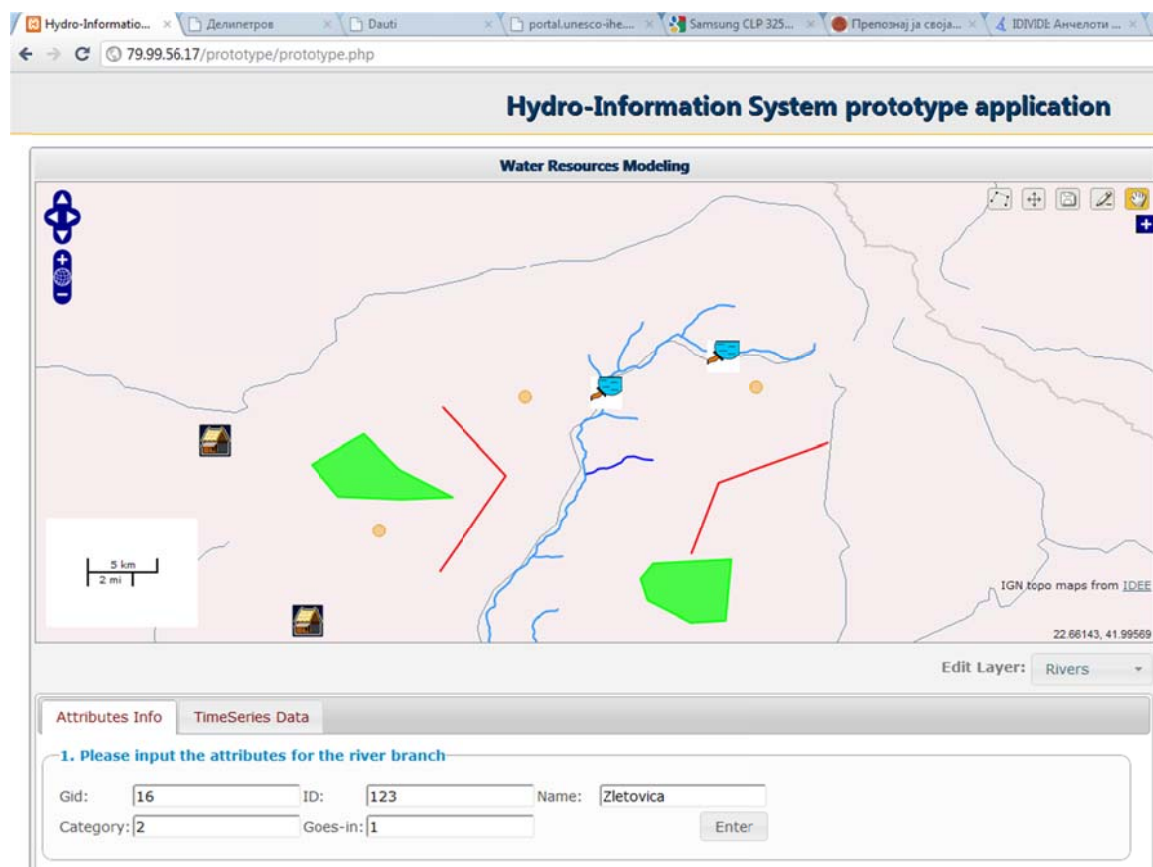


Геосерверот е основен посреднички слој помеѓу геоподатоците и сервис апликациите. Користејќи го Геосервер како основа и OGC протоколите (WFS, WMS и други) развиен е сервисот за моделирање на водните ресурси со користење на OpenLayers.

6.3 Развој на сервис за моделирање на водни ресурси

Фокусот на истражувањето во докторската теза се веб сервисите кои создаваат облак апликација. Облак апликацијата на хидро-информациониот систем на Република Македонија е составена од неколку компоненти од кои најкомплексен е сервисот за моделирање на водни ресурси.

Слика 6.6 Облак апликација за хидро-информационен систем на Република Македонија



Веб сервисот е изграден користејќи ја OpenLayers библиотеката која ги подржува OGC стандардите WMS, WFS и WFS-T. Сервисот работи на Apache веб сервер и е

развиен во неколку програмски јазици како JavaScript, AJAX, PHP интегрирајќи го сервисот за менаџирање на гео-податоци Геосервер, базата на податоци HMap и OpenLayers библиотеката. Интерфејсот на облак апликацијата го вклучува сервисот за моделирање на водни ресурси слика 6.6.

Интерфејсот на сервисот за моделирање на водни ресурси е поделен на два дела. Првиот дел го содржи прозорецот во кој се прикажани векторските мапи (реки, канали, резервоари, корисници, земјоделско земјиште) кои се преземени користејќи го WFS протоколот од Геосерверот и позадинските мапи кои се преземени користејќи WMS протокол од различни гео-сервери на интернет. Вториот дел е веб формата за внесување на атрибутни податоци од објектите од мапата.

Слика 6.7 Дефинирање на мапите кои се прикажуваат на веб сервисот

```











1      function init() {
2          map = new OpenLayers.Map("map");
3          var base1= new OpenLayers.Layer.WMS( "OpenLayers
4          WMS",
5          "http://vmap0.tiles.osgeo.org/wms/vmap0", layers : 'basic' );
6          map.addLayer(base1);
7          var rivers = new OpenLayers.Layer.Vector("rivers-WFS", {
8          strategies: [new OpenLayers.Strategy.BBOX(), saveStrategy],
9          protocol: new OpenLayers.Protocol.WFS({
10         version: "1.1.0",
11         url: "http://localhost:8081/geoserver/wfs?",
12         featureType:  "rivers",
13         featureNS: "http://www.delipetrov.com",
14         srsName: "EPSG:4326"
15         })
16         });
17         map.addLayer(rivers);

```

Основниот програмски код за креирање на околината прикажана во прозорецот и вклучување на слоевите е дадена на слика 6.7. На почетокот се дефинира објект од типот OpenLayers.Map а потоа преку протоколите WMS (линија 4) се презема мапа од гео-податочни сервери на интернет. Постојат многу отворени гео-податочни сервери од кои можат да се преземаат мапи со користење на WMS од кои можеби најпознати се GoogleMaps. Потоа се креира WFS конекција (линија-6)

до Геосерверот апликацијата за преземање на претходно дефинираните векторски слоеви (мапи).

Обработката на геопросторните податоци од векторските мапи се врши со лентата на алатки креирана со OpenLayers библиотеката. Лентата содржи алатки за креирање на точка, полилинија и регион објект на мапата, модификација на постојните објекти, бришење на објектите и зачувување на измените во табела 6.8.

	Внесување на геопросторен векторски објект од типот точка
	Внесување на геопросторен векторски објект од типот полилинија
	Внесување на геопросторен векторски објект од типот регион
	Модифицирање на геопросторен објект
	Зачувување на промените на мапата
	Бришење на геопросторен векторски објект
	Движење низ прозорецот на мапата
	Селектирање кои мапи ќе се прикажуваат (векторски и растер)
	Алатка за зголемување и намалување на резолуцијата на мапата
	Движење низ прозорецот

Табела 6.8 Алатки за обработка на геопросторни податоци

Формата за селектирање служи за определување на мапата за обработка (реки, корисници и др). Обработка на објектите од мапата како цртање на нови објекти, модифицирање на постојните се врши со лентата со алатки. Процесот на цртање, едитирање на геопросторните објекти од мапата и нивно зачувување креира SOAP комуникација помеѓу сервисот за моделирање на водни ресурси и Геосерверот.

Комуникацијата е XML прикажана на сликата 6.8 кога се внесува нов векторски објект полилинија во мапата реки.

Слика 6.8 Внесување на нова полилинија река комуникацијата XML

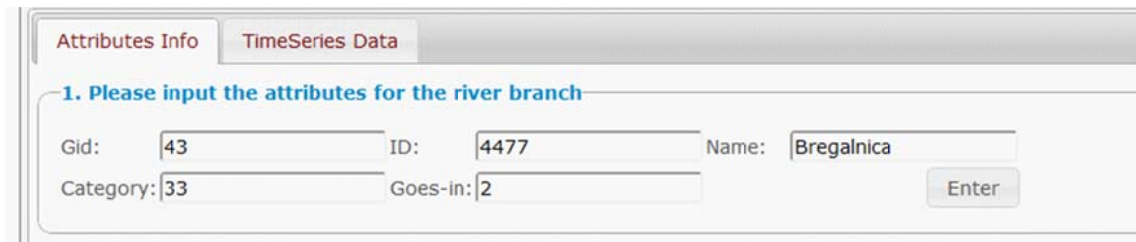
```
$xml ='<wfs:Transaction xmlns:wfs="http://www.opengis.net/wfs" service="WFS"
version="1.1.0"                                xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wfs
http://schemas.opengis.net/wfs/1.1.0/wfs.xsd"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance"><wfs:Insert><feature:Regions
xmlns:feature="http://www.delipetrov.com"><feature:the_geom><gml:MultiSurface
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
srsName="EPSG:4326"><gml:surfaceMember><gml:Polygon><gml:exterior><gml:Li
nearRing><gml:posList>23.36455078125      41.398999023437      23.095385742187
41.344067382812      23.172290039062      41.135327148437      23.743579101562
41.283642578125                                23.36455078125
41.398999023437</gml:posList></gml:LinearRing></gml:exterior></gml:Polygon></
gml:surfaceMember></gml:MultiSurface></feature:the_geom></feature:Regions></wfs:
Insert></wfs:Transaction>';
```

Геосерверот ја обработува XML пораката и ги извршува инструкциите за промена на геопросторните податоци. Забележуваме дека сервисот за моделирање на водни ресурси комуницира единствено со Геосерверот како меѓуслој и е абстахиран од гео-податоците кои се наоѓаат во базата HMap. Секоја промена на податоците во веб сервисот се пренесува до Геосерверот како меѓуслој и потоа во HMap. Облак апликацијата со имплементацијата на OGC (WFS) стандардите и XML комуникацијата меѓу сервисите овозможуваат целосна дистрибутивност и интероперабилност на сите компоненти на системот.

Библиотеката OpenLayers подржува обработка и промена на географските податоци но сеуште нема имплементација за внесување/едитирање на атрибутните податоци (OpenLayers_s). Посебно се креираат форми и апликации со користење на AJAX и PHP за внесување и менување на атрибутните податоци.

При селектирање на некој објект од мапата во главната програма се повикува настан кој ги вчитува неговите атрибутните и географските податоци.

Слика 6.9 Форма за внесување/читање на атрибутни податоци за објект од мапата
река



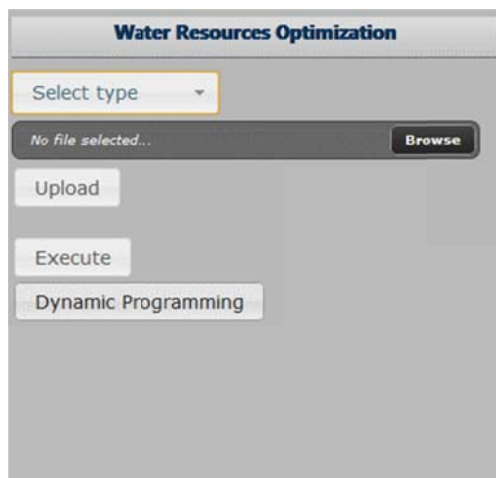
Овие податоци се прикажуваат во формата од слика 6.9. Податоците можат да се променат во формата и со притискање на копчето Enter се повикува програмата uploadattribute.php која со pg_connect податоците од формата ги внесува во базата HMax. Пример ако е селектирана мапата со реки се претставуваат атрибутните податоци за реката како GID, ID, Name, Category, Goes-in и можноста за внесување на временска низа на податоци, во нашиот случај тоа е количината на вода во реката во одредениот временски период. При промена на податоците во формата, со притискање на копчето Enter се внесуваат атрибутните податоци за селектираниот геопросторен објект. Имаме можност и за внесување на временски серии на податоци како CVS фајлови што се складираат во базата HMax.

Сервисот за моделирање на водни ресурси е специјализирана имплементација на апликација за веб базиран ГИС. Предностите на веб сервис апликацијата се во можноста за симултано работење на повеќе корисници во исто време и на истата работна околина, моделирање преку интернет, лесна надградба и останатите можности на облак апликациите.

6.4 Развој на сервис за оптимизација на водни ресурси со користење на динамичко програмирање

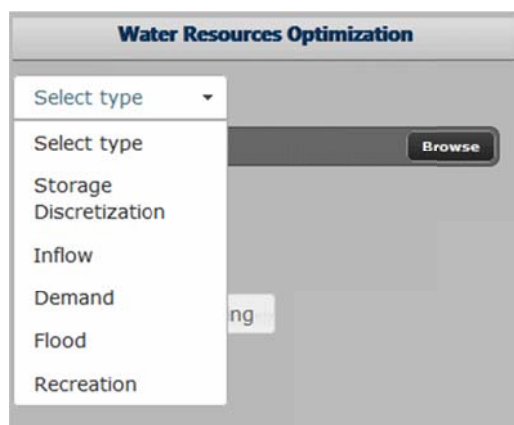
Третиот веб сервис за оптимизација на водни ресурси со користење на динамичко програмирање е всушност вклучување на програмата ДП развиена во Java на веб интерфејс и презентирање на резултатите. Веб сервисот е прикажан на сликата 6.10.

Слика 6.10 Веб сервис за оптимизација на водени ресурси

The screenshot shows a web interface titled "Water Resources Optimization". At the top, there is a dropdown menu labeled "Select type". Below it, a dark grey bar displays "No file selected..." with a "Browse" button to its right. Underneath this bar are three buttons: "Upload", "Execute", and "Dynamic Programming".

Апликацијата за оптимизација на водни ресурси е дизајнирана и имплементирана користејќи Eclipse и детално е објаснета во поглавјето 5. Дизајнираната програма користи 5 влезни низи на податоци (1) дотек на вода во резервоарот, (2) потребите на вода од резервоарот, (3) потребите за рекреација, (4) спречување на поплави, и (5) низа за дискретизација на резервоарот.

Слика 6.11 Форма за внесување на податоци за оптимизација на водни ресурси

This screenshot shows the same web interface as Sлика 6.10, but with the "Select type" dropdown menu open. The menu lists the following options: "Select type" (the header), "Storage", "Discretization", "Inflow", "Demand", "Flood", and "Recreation". The "Browse" button is still visible to the right of the dropdown.

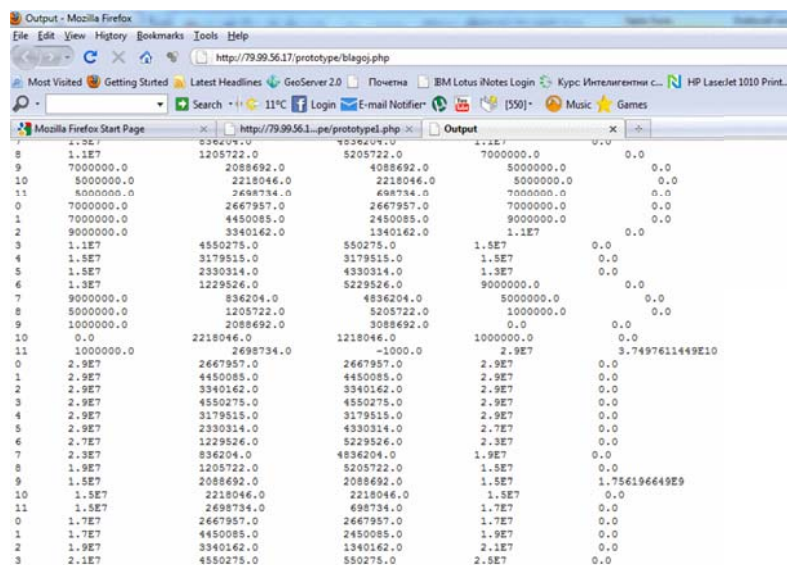
Креираме AJAX форма за внесување на податоците во сервисот слика 6.11. Потребно е податоците да се наоѓаат во CVS фајлови. Примерок од CVS фајлот за потребите за вода е даден во табела 6.9 каде што првата колона е цел број кој го означува периодот, следната колона е потребата за вода во тој период и последната колона е неговата тежина.

1	766451.58	0.9
2	131328.00	0.5
3	1585200.32	0.8
4	131328.00	1
5	131328.00	1
...

Табела 6.9 Табела за потребите за вода - изглед на CVS фајлот

Веб формата ја повикува `upload.php` која прво проверува дали CVS фајловите се валидни. Откако валидноста на CVS фајловите е проверена, програмата создава врска користејќи `pg_connect` со базата HMac. Табелите за зачувување на податоците претходно се креирани и со секое внесување на нов CVS фајл се пребришуваат т.е се бришат сите претходно внесени податоци и се внесуваат новите. На овој начин се внесуваат сите влезни податоци представени во 5 CVS фајлови во HMac. По внесување на влезните податоци можеме да ја повикаме апликацијата ДП со кликање на копчето Dynamic Programming.

Слика 6.12 Излез од сервисот за оптимизација на водни ресурси

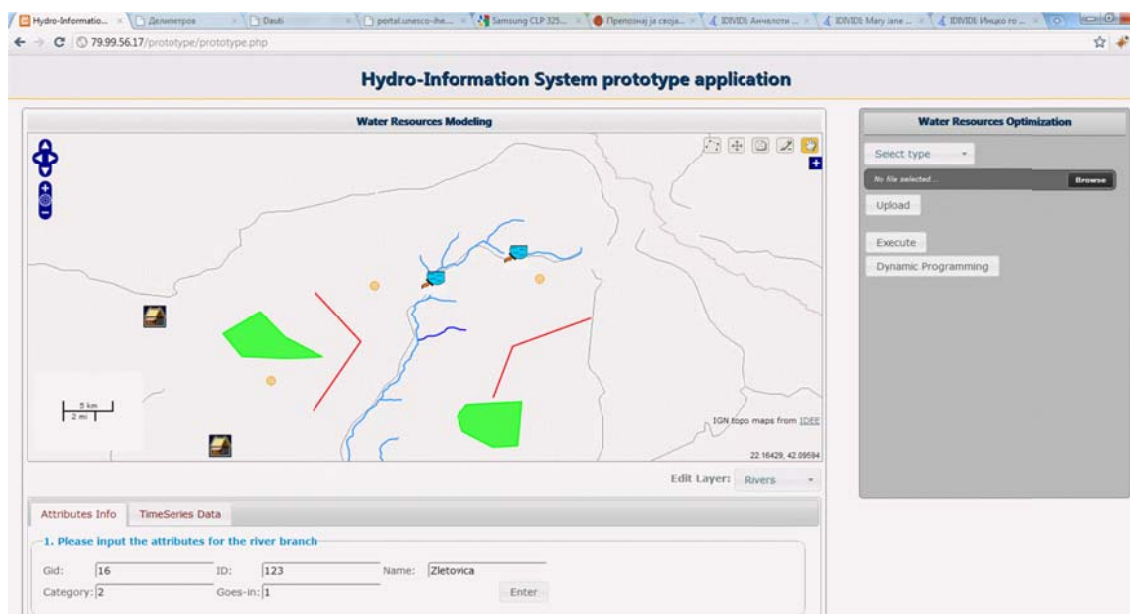


Ако сите внесени податоци се во ред се повикува јаг фајлот на Java програмата која ги чита податоците од HMac и отвара нов прозорец во кој се дадени резултатите. Моменталната имплементација на системот ги прикажува резултатите од оптимизацијата на водните ресурси во HTML текст прикажан на слика 6.12.

6.5 Интегрирање на развиените веб сервиси во облак апликација за хидро-информационен систем на Република Македонија

Претходно развиените сервиси за менаџирање на геопросторни податоци - Геосервер, за моделирање на водни ресурси и оптимизација на водни ресурси се интегрираат во облак апликација за хидро-информационен систем на Република Македонија. Хидро-информациониот систем е целосно веб базиран (облак апликација) и развиен со користење на неколку програмски јазици (JavaScript, AJAX, PHP, Java), додатни апликации (Eclipse, Geoserver и други), библиотеки (OpenLayers), стандарди (OGC), протоколи (WMS, WFS) и друго. Системот има два веб интерфејси, првиот е сервисот за менаџирање на геопросторни податоци (слика 6.4) а вториот ги содржи сервисот за моделирање на водни ресурси и оптимизација на водни ресурси со користење на динамичко програмирање даден на слика 6.13.

Слика 6.13 Облак апликација за хидро-информационен систем на Република Македонија



Хидро-информациониот систем е изграден на база на апликации, стандарди и библиотеки на отворен код. Идејата во креирањето на хидро-информациониот систем е да се креира платформа за развивање на специјализирани геопросторни апликации.

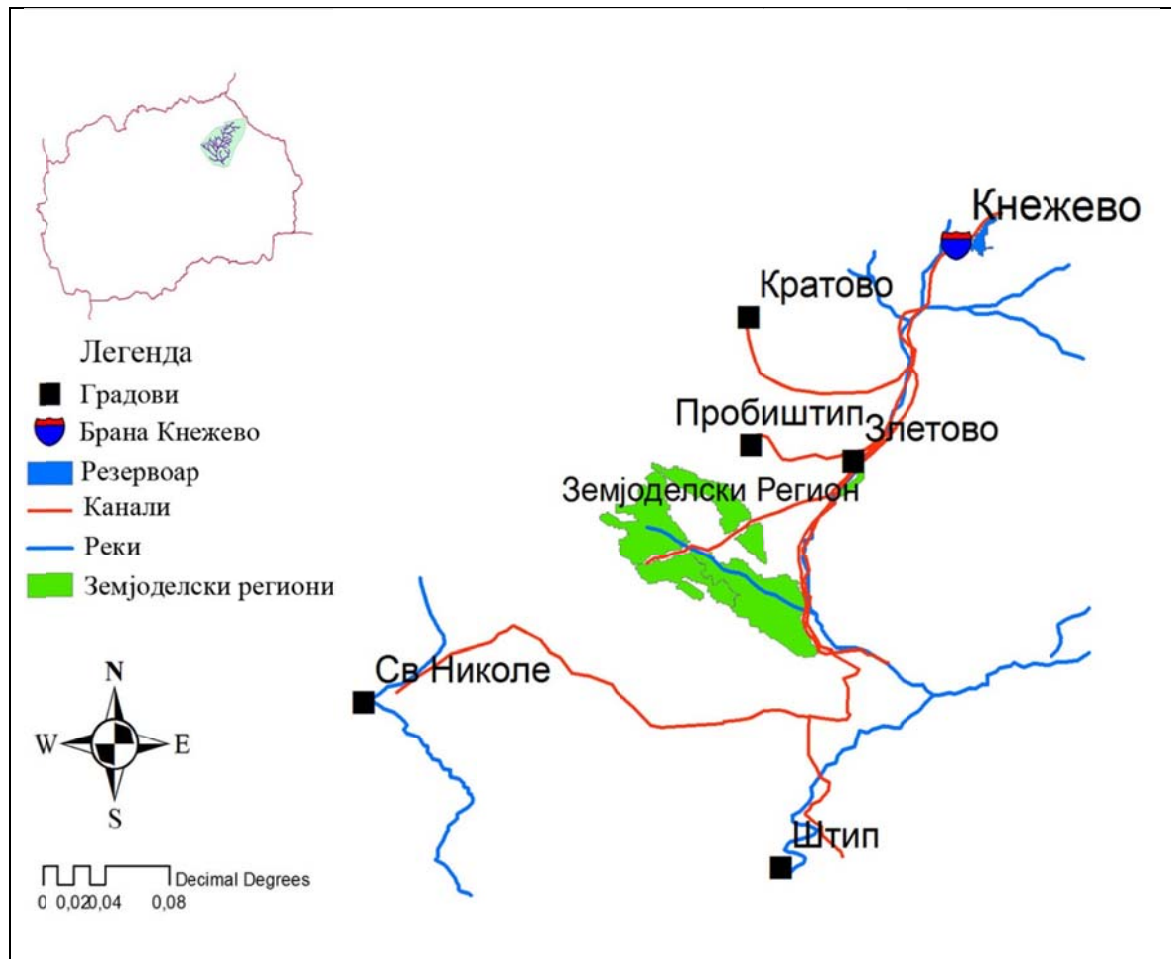
7 Развивање на хидро-информационен систем на ХС Злетовица

Ова поглавје ја објаснува имплементацијата на хидро-информациониот систем на Република Македонија во хидро-системот (ХС) Злетовица. Целта е да се покаже функционалноста на системот како платформа за развивање на специјализирани апликации за моделирање на водните ресурси. Моделот развиен за ХС Злетовица е прототип кој може да се користи како основа во имплементација на хидро-информационен систем на Република Македонија. Поглавјето започнува со генералните информации за хидро-системот Злетовица и потоа неговото моделирање во хидро-информационен систем.

7.1 Генерални карактеристики на хидро-системот Злетовица

ХС Злетовица покрива област од 223.000 ha која се наоѓа во североисточниот дел на Република Македонија. Географски регионот се наоѓа во средината на познатата Кратовско-Злетовска област, поточно во подножјето на Осоговските планини и околу течението на Злетовска река. На север е Кратовската општина, на запад општината Свети Николе, на југ општините Штип и Карбинци, а на исток општините Кочани и Чешиново-Облешево. Северниот дел од оваа област е планински, кој граничи со Осоговските Планини, додека јужниот дел е претежно рамнински. Областа има континентална клима со примеси на Медитеранска клима која се карактеризира со суви и долги лета, со високи температури и кратки и благи зими. Просечни годишни врнежи во регионот се 500 mm. Регионот ги покрива општините Кратово, Пробиштип, Свети Николе, Лозово, Штип и Карбинци со повеќе од 100.000 жители. ХС Злетовица го опфаќа подрачјето на Злетовска и Кратовска река кои се вливаат во Брегалница.

Слика 7.1 Географска положба на ХС Злетовица



Географската положба и основните објекти од ХС се дадени на слика 7.1. ХС Злетовица е повеќе наменски и ќе се користи за :

- Обезбедување на вода за пиење за Кратово, Пробиштип, Злетово, Штип, Карбинци, Свети Николе и Лозово.
- Обезбедување на вода за наводнување за 3100 ха во Општина Пробиштип.
- Производство на електрична енергија со три Хидро центри.
- Обезбедување на биолошки минимум во Злетовска река.

ХС Злетовица е комплексен повеќе наменски проект составен од хидротехнички објекти за искористување на водите на реката Злетовица. ХС Злетовица е составен од следните главни објекти:

- Акумулација и брана со придружни објекти Кнежево на река Злетовица со големина $30 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, возводно од Злетово со кота на нормално ниво на акумулација 1.061.50 мнв.
- Објекти за транспорт на вода до филтер станици за водоснабдување на Кратово, Пробиштип, Злетово, Штип, Карбинци, Свети Николе и Лозово.
- Систем за наводнување на обработливите земјоделски површини низводно од Брана Кнежево за Горна Зона (2000 ха) и Долна Зона (1500 ха).
- Систем за наводнување на обработливите земјоделски површини во Општина Кратово (1000 ха).
- Изградба на Хидро Електрични Централни (ХЕЦ).

Полнењето на акумулацијата Кнежево се врши со водите од река Злетовица. Браната Кнежево е изградена во близина на селото Кнежево на околу 19.5км возводно од Злетово. Основни технички карактеристики се:

- Тип на браната: камено-насипна брана со асфалтно-бетонско јадро
- Висина на браната 75м
- Должина на браната 270м
- Ширина на круната 10м
- Волумен на насипот $1.700.000 \text{ м}^3$
- Шахтен прелив $216 \text{ м}^3/\text{s}$
- Темелен испуст $21 \text{ м}^3/\text{s}$.

ХС Злетовица за водоснабдување на населението и земјоделието користи води од различни локации и тоа:

- Објектите за водоснабдување на Кратово се наоѓаат на кота 1100 мнв над акумулацијата Кнежево со 180 л/с и е изграден како и доводот до пречистителната станица Кратово со должина од 22 км.
- Објекти за водоснабдување на Пробиштип и Злетово на кота 775 мнв со капацитет од 150 л/с .
- Објекти за водоснабдување на Штип, Карбинци, Свети Николе и Лозово со капацитет од 650 л/с (заеднички со системот за наводнување на Долна Зона за 1500 ха) на кота 489.60 мнв.
- Објекти за наводнување на Горна Зона(за 2050 ха) на кота 622 мнв

Како втора компонента која треба да се реализира е системот за наводнување. Според проектот со систем за наводнување предвидено е да се покријат 3100 хектари на обработливи површини од кои 270 хектари се под оризови насади.

Основни технички карактеристики на објектите за наводнување кое ќе се реализира во две зони:

	Долна зона	Горна зона
Површина за наводнување:	2.050Ха	1.050Ха
Инсталиран проток:	2,5m ³ /s	1.775m ³ /s
Должина на довод:	13.470m	14.617m
Челични цевки со D:	1320-457mm	1120-355mm
Разводни цевки со D:	914-225mm	508-225mm
Вкупна должина на развод:	16.700m	16.738m
Табела 7.1 Наводнувани површини и објекти за наводнување		

Наводнувањето ќе ја подобри ефикасноста и искористеноста на акумулацијата. Предвидено е зголемување на површините за наводнување во наредните фази на проектот. Хидроенергетскиот потенцијал на реката Злетовица е планиран со користење на три деривациони хидроцентрали, со следниве технички карактеристики:

ХЕЦ Злетово I	ХЕЦ Злетово II	ХЕЦ Злетово III
Зафат Емеричка река и Венечка река	Зафат Емеричка река и Злетовска река	Зафат Зеленградска и Злетовска река
проток: $Q_i=3,2 \text{ m}^3/\text{s}$	проток: : $Q_i=3,2 \text{ m}^3/\text{s}$	проток: : $Q_i=3,2 \text{ m}^3/\text{s}$
22.000.000 KWh	20.050.000KWh	14.220.000KWh
Табела 7.2 Технички карактеристики на ХЕЦ Злетово I, II и III		

7.2 Потреби за вода

Постојат повеќе проекти за планирање и реализација на ХС Злетовица. Главната цел на повеќе функционалниот ХС Злетовица е задоволување на потребите за водоснабдување на населените места во регионот. Освен водоснабдување на населените места, ХС се користи за наводнување и производство на електрична енергија. Во наредните поглавја е дадена генерална анализа на потребите за водоснабдување на различните корисници.

7.2.1 Потреби на вода за водоснабдување на населението

Главната цел на изградбата на ХС Злетовица е обезбедување на вода за пиење на населението во регионот. Водоснабдувањето на населението е со висок приоритет пред другите корисници во хидро системите. Изградбата на ХС Злетовица ќе го комплетира регионалниот систем за водоснабдување на градовите Кратово, Пробиштип, Злетово, Штип, Карбинци, Свети Николе и Лозово. Потребите за водоснабдување на градовите се анализирани во рамките на повеќе проекти. За потребите на докторската теза извршена е анализа за потребната количина на вода во тек на една година по месеци.

	Кратово	Пробиштип	Штип	Св Николе	Вкупно
					Водоснабдување
Просек	0,11	0,13	0,50	0,09	0,72
Месеци	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
1	0,10	0,11	0,43	0,08	0,621
2	0,10	0,12	0,47	0,09	0,681
3	0,11	0,10	0,39	0,07	0,559
4	0,11	0,13	0,50	0,09	0,719
5	0,11	0,13	0,52	0,09	0,742
6	0,12	0,15	0,59	0,11	0,845
7	0,12	0,15	0,58	0,11	0,840
8	0,12	0,15	0,58	0,11	0,840
9	0,12	0,18	0,70	0,13	1,006
10	0,11	0,13	0,51	0,09	0,738
11	0,10	0,09	0,37	0,07	0,531
12	0,10	0,09	0,37	0,07	0,531
Табела 7.3 Потребите за вода за водоснабдување					

Дадената табела 7.3 ги дава потребите за вода за водоснабдување на градовите Кратово, Пробиштип, Штип и Свети Николе за 2000 год. Податоците од табелата за водоснабдување се користат во вкупните пресметки за оптимизација на работата на резервоарот Кнежево.

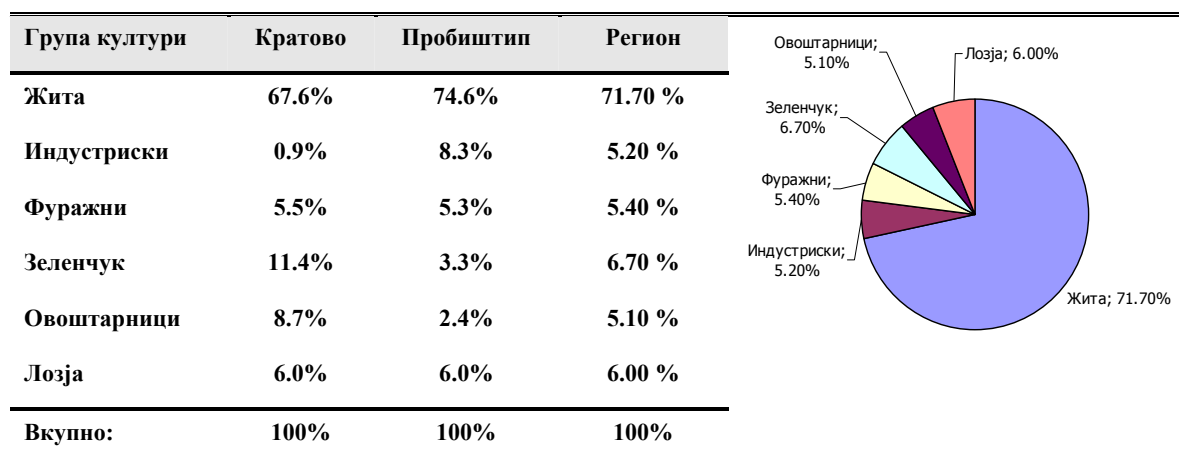
Со завршувањето на браната и формирањето на акумулациониот простор, се очекува значително подобрување на водоснабдувањето на градовите Кратово, Пробиштип, Злетово, Штип, Карбинци, Свети Николе и Лозово и населбите опфатени во рамките на овој систем, односно ќе се овозможи континуирано водоснабдување во текот на целата година, продолжување на активностите за реализација на системот за наводнување и искористување на водните ресурси на реката Злетовица.

7.2.2 Потребите за вода за наводнување

Потребите за вода на наводнување на ХС Злетовица е за задоволување на четирите земјоделски системи: Злетовица со површина од 3100 ха, Повишица, Градиште и Марковци со вкупна површина од 1000 ха. Искористеноста на земјиштето и застапеноста на земјоделските култури е исто битен фактор во

моделирањето. Главните земјоделски култури се житните култури, кои зафаќаат околу 70% од површината. Мошне малку се застапени фуражните култури додека лозјата се протегаат на површина од 6%. Застапеноста на различните култури за двата субрегиона согласно Пописот на Земјоделието спроведен во текот на 2007 година е даден на сликата 7.2.

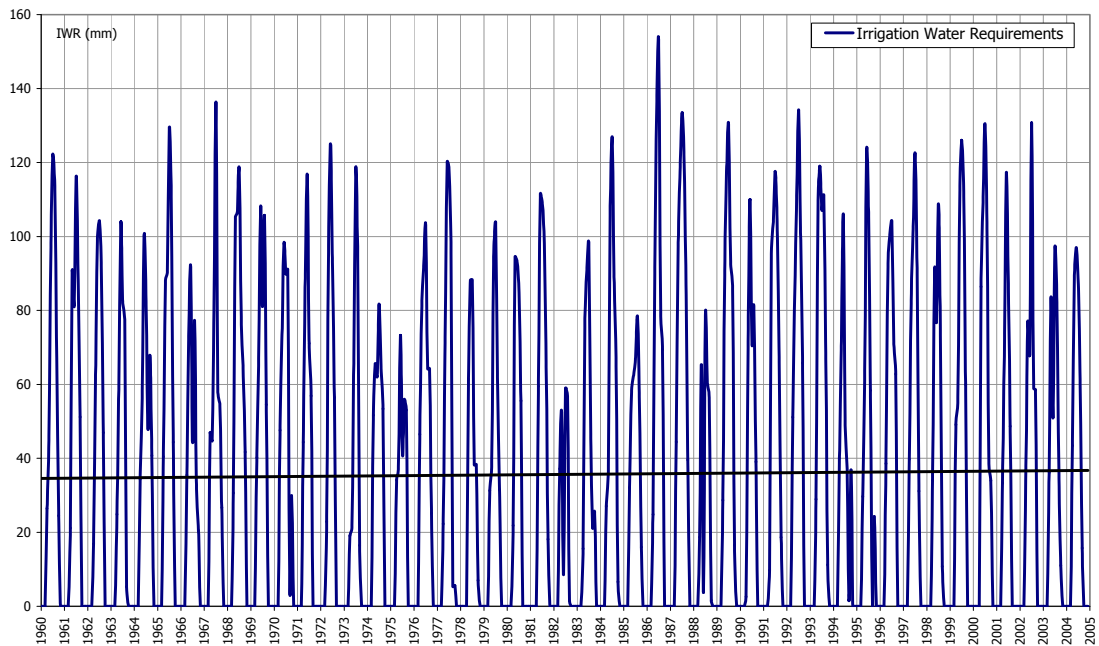
Слика 7.2 Попис на земјоделски култури



Зависно од тоа кои култури се застапени, како и географските и климатски карактеристики, се врши моделирање на потребите за вода. За моделирање на потребите на вода во земјоделието постојат различни софтверски пакети а овде се користи SWAT софтверскиот пакет.

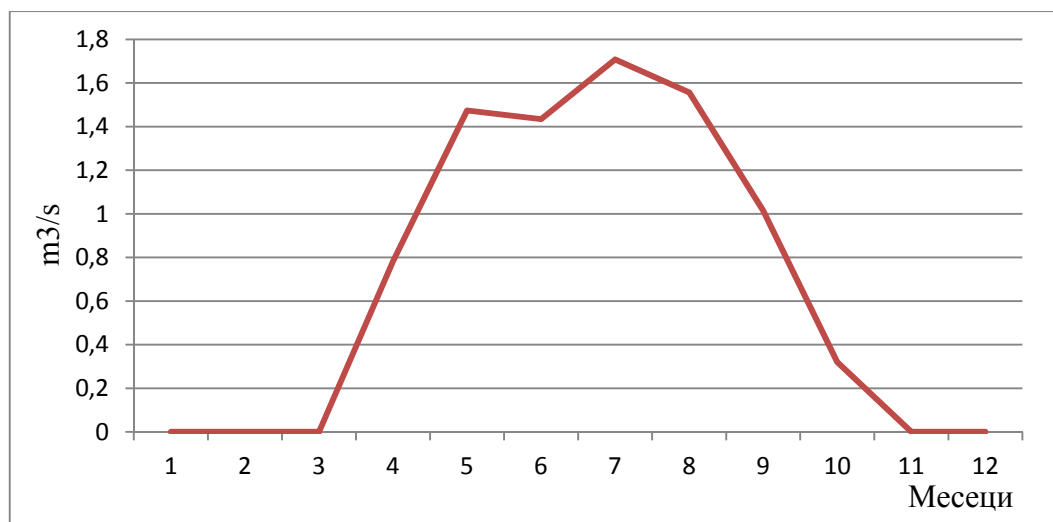
Во овој дел се обработени вкупната потреба на вода за културите и потребата на вода за наводнување. Со самото интензивирање на користењето на почвите нормално е да дојде и до поголеми потреби на вода за наводнување. Поради тоа потребите на вода ќе бидат разгледани во оптимални услови за наводнување. За да се добијат точните количини на вода за наводнување, потребно е да се определи точно користењето на земјиштето, односно составот на културите кои ќе се одгледуваат во регионот.

Слика 7.3 Потреби од вода за наводнување од 1961 до 2005 година



Дијаграм на генерираната временска низа за потреби од вода за наводнување (норми за наводнување) за ХС Злетовица за период од 1961 до 2005 година слика 7.3.

Слика 7.4 Вкупни потреби за вода во 2000 год



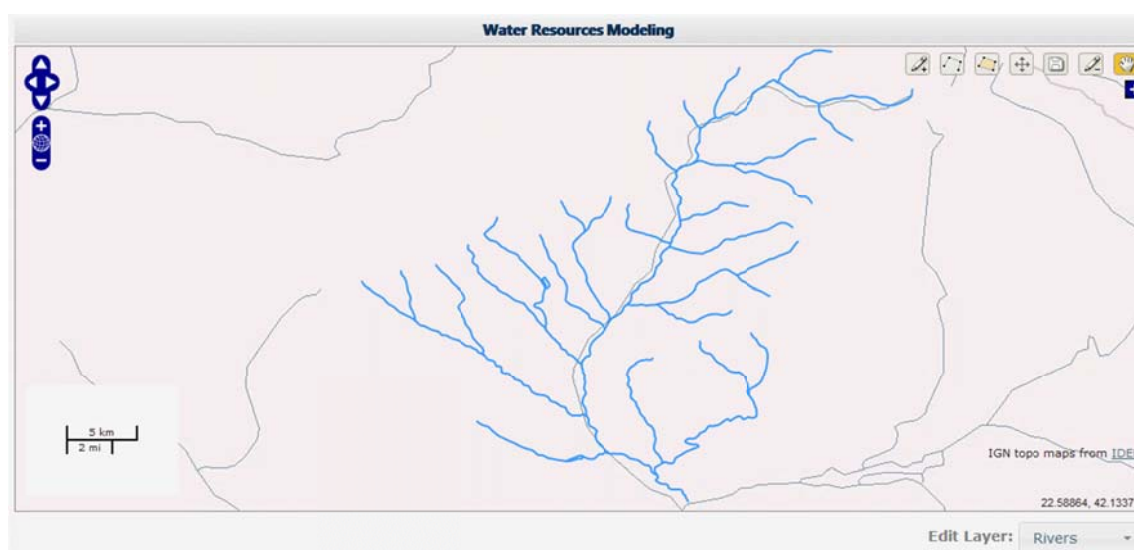
Сликата 7.4 ги претставува вкупните потреби на вода за наводнување по месеци од браната Кнежево. Забележуваме дека потребите за вода во месеците од Јануари

до Март и Ноември и Декември се занемарливи поради тоа што во тој период имаме доволно врнежи да ги задоволат потребите за наводнување како и фактот дека голем број од културите во тој период немаат потреба од вода. Од друга страна во периодот помеѓу Мај - Септември потребите за вода значително се зголемени поради температурите во летниот период, намалените врнежи како и потребите на различните земјоделски култури.

7.3 Имплементација на хидро-информациониот систем Злетовица

Имплементацијата на хидро-информациониот систем на Злетовица започнува со внесување на сите потребни геопросторни податоци и други податоци. Внесувањето на податоци го извршуваме преку веб интерфејсот на хидро-информациониот систем. На почетокот преку формата за селектирање го селектираме слојот што сакаме да го едитираме пр. слојот со реки. Потоа ја користиме алатката за цртање на полилинии и ги внесуваме реките и нивните атрибути. Хидро-информациониот систем е дизајниран и конфигуриран така што полилинии можат да се внесат во слојот реки и канали т.е за секој слој на податоци е дефиниран векторски објект (точка, полилинија и регион).

Слика 7.5 Реки од сливот на Злетовица



Векторскиот објект точка се користи за внесување на корисниците, резервоарите и дотекот на вода додека регион за земјоделското земјиште. На почетокот ги внесуваме реките од сливот на Злетовица и заедно со нивните атрибути во хидро-информациониот систем слика 7.5.

Внесувањето на атрибутите на објектите од хидро-информациониот систем се врши со нивно селектирање на мапата. Со селектирањето на објект од мапата се повикува AJAX функција и отвора нова форма за внесување на атрибутите на селектираниот објект (слика 7.6)

Слика 7.6 Форма за внесување на атрибутите на селектираниот објект река

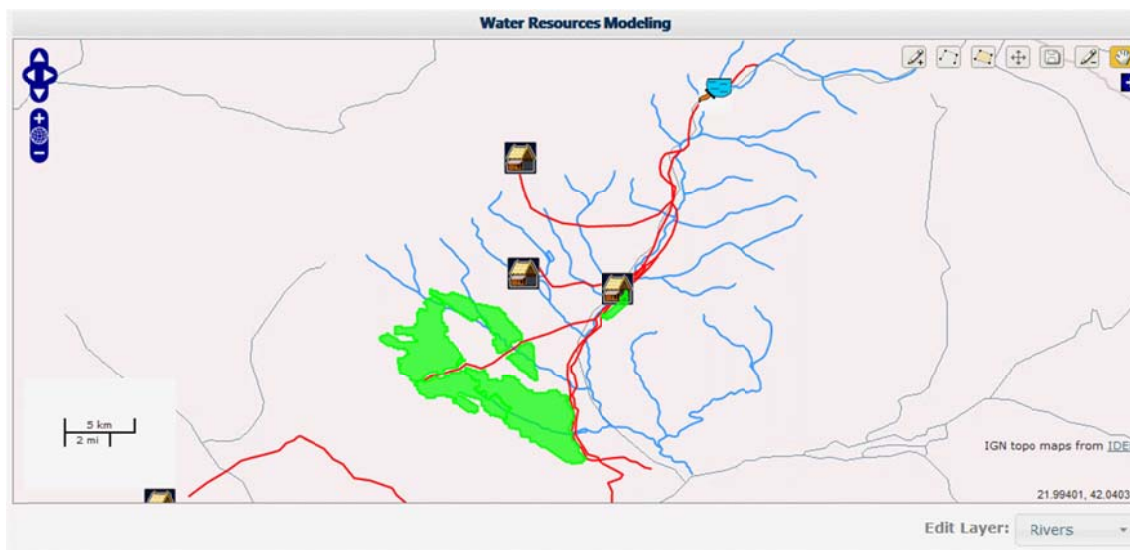
The screenshot displays a web-based GIS application. The top half features a map of a river network with a specific branch highlighted in blue. A scale bar indicates 2 km and 1 mi. The bottom half contains an 'Attributes Info' form with the following fields and values:

1. Please input the attributes for the river branch			
Gid:	<input type="text" value="1"/>	ID:	<input type="text" value="11"/>
Name:	<input type="text" value="Zletovica"/>		
Category:	<input type="text" value="1"/>	Goes-in:	<input type="text" value="2"/>

An 'Enter' button is located to the right of the 'Goes-in' field. The interface also includes a 'TimeSeries Data' tab, a 'Rivers' layer selection, and a coordinate display (22.12584, 41.85630).

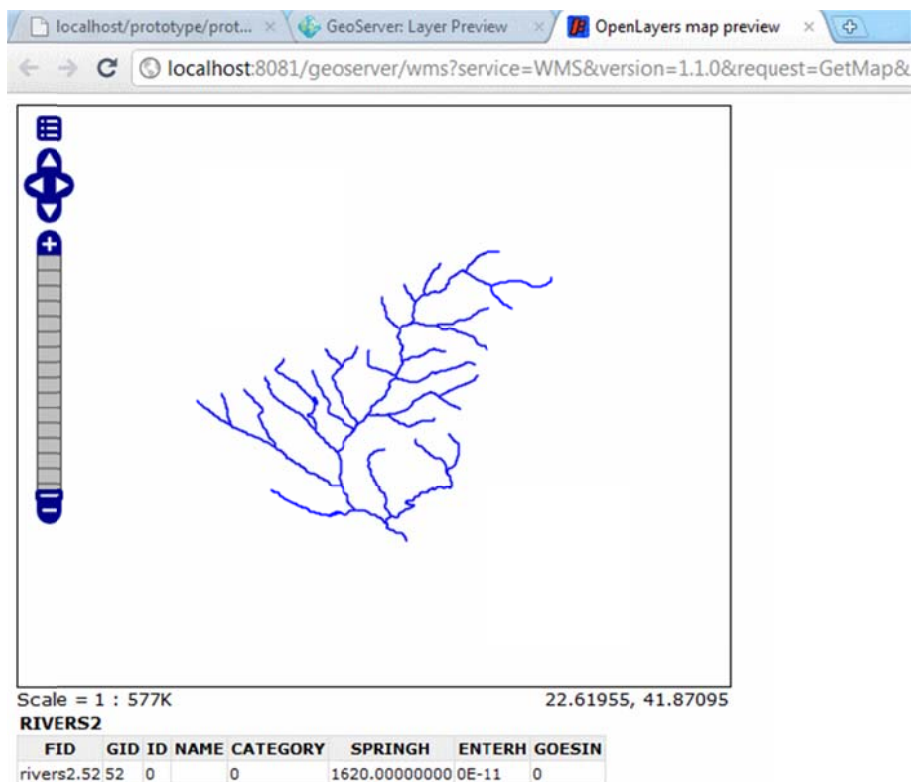
Потоа ги внесуваме и другите податоци за ХС Злетовица како корисници, резервоар, земјоделско земјиште, дотек на вода, канали кои се дефинирани во глава 6.1.1. Изгледот на сите слоеви е даден на слика 7.7. Со плава боја се представени реките, зелените региони за земјоделските региони а црвените полилинии се каналите во ХС. Постојат два типови на икони од кои едните ги представуваат корисниците а другите се резервоарите. Дефинираме графички стилови на секој од објектите од слоевите.

Слика 7.7 Модел на ХС Злетовица



Со внесувањето на сите слоеви креиран е моделот на ХС Злетовица. Сите геопросторни податоци заедно со нивните атрибути се внесени и зачувани во системот. Геопросторните податоци можат да се проверат и со користење на веб апликацијата Геосервер слика 7.8.

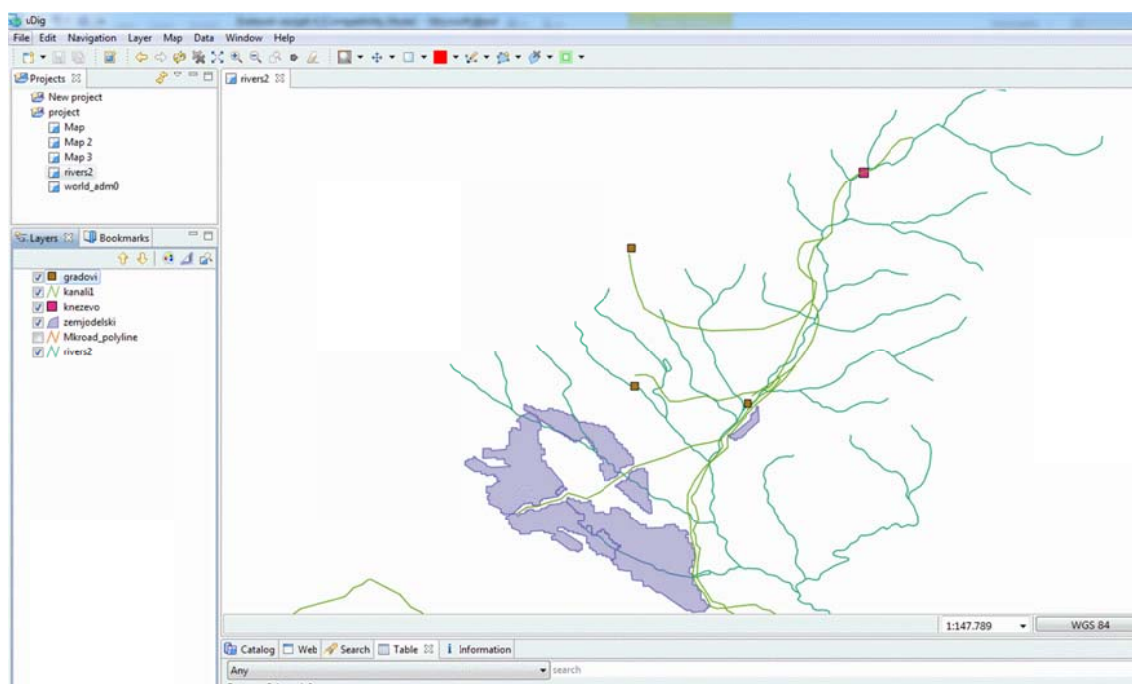
Слика 7.8 Приказ на реките од Злетовица преку веб апликацијата Геосервер



Геосерверот ги содржи сите креирани слоеви (мапи) на податоци од сервисот за моделирање на водни ресурси. Тоа дава можност Геосерверот да го користиме за контрола на податоците и приказ на мапите.

Обработката на геоподатоците и нивната контрола освен со двата креирани сервиси може да се направи и со ГИС апликација uDig. uDig е бесплатна десктоп апликација која ги подржува OGC стандардите и протоколите (WFS, WMS) со која можеме да ги обработуваме геопросторните податоци. uDig ги подржува сите можности за обработка на геопросторни податоци како познатите софтверски пакети на ESRI, Mapinfo. На сликата 7.9 се дадени податоците од мапите за системот Злетовица во uDig.

Слика 7.9 Мапите од системот злетовица во uDig



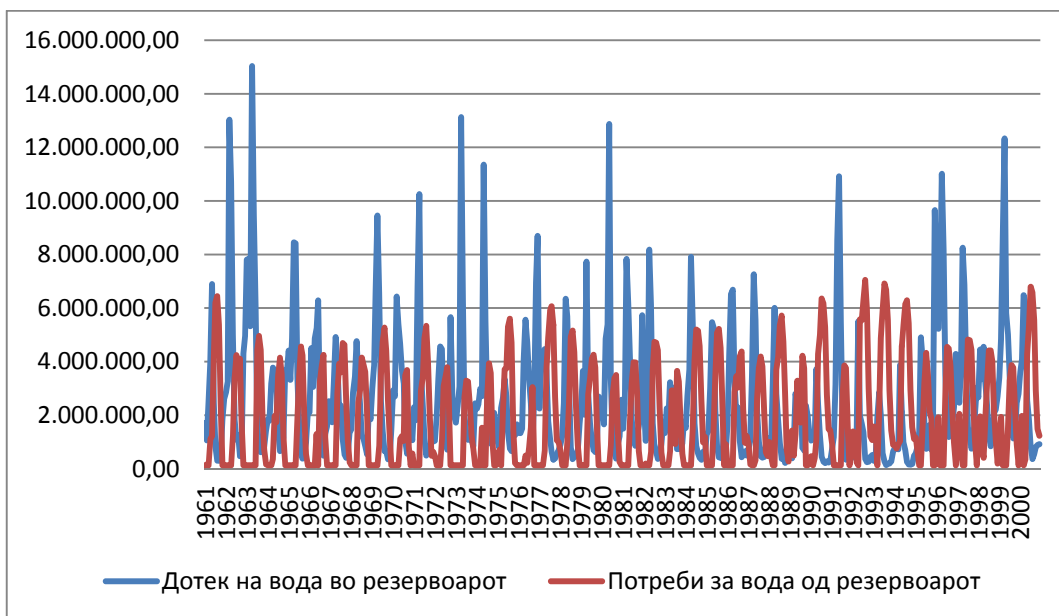
Обработката на геопросторните податоци може да се изврши со сервисот за моделирање на водни ресурси и со десктоп апликацијата uDig. Ова овозможува голема флексибилност и контрола на податоците затоа што освен креираниот веб сервис користиме десктоп апликација. Со ова е завршен првиот дел од креирањето на хидро-информациониот систем Злетовица во кој сите геопросторни податоци заедно со нивните атрибути се внесени и зачувани во

системот. Геоподатоците се основа за креирање на нови и специјализирани апликации за моделирање на водните ресурси.

7.4 Симулација и оптимизација на ХС Злетовица во хидро-информациониот систем

Симулацијата и оптимизацијата на ХС Злетовица е вториот дел од хидро-информациониот систем. Целта на ова поглавје е да се демонстрираат можностите за изградба на сервиси за оптимизација на водни ресурси како дел од хидро-информациониот систем. Истражувањата и податоците се преземени од проектот за “Идеен проект за систем за наводнување на повеќе наменскиот ХС Злетовица“ каде е направена детална анализа на ХС Злетовица. Врз база на тие истражувања е извршена синтеза на податоците за водоснабдување, земјоделие и еколошкиот минимум во реката кои треба да се достават од резервоарот Кнежево во една временска низа од 1.1.1961 до 1.1.2001.

Слика 7.10 Дотек и потреби за вода од резервоарот Кнежево



Другата влезна низа на податоци е дотекот на вода во резервоарот Кнежево за истиот период. Овие две влезни низи (слика 7.10) не се менуваат во симулациите и се дадени во прилог 2. Дефинирани се граници за максималната количина на вода во резервоарот заради заштита од поплави во пролет и есен и минималната

количина на вода во резервоарот во лето заради рекреација и заштита од суши. Максималниот капацитет на браната Кнежево е 30.000.000 м³. За симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево се користи сервисот за оптимизација на водни ресурси (поглавје 5 и поглавје 6.4). Влезни податоци во симулациите и оптимизациите се временските низи на податоци за дотек на вода во браната Кнежево, вкупните потребите од вода за водоснабдување на населението и земјоделие, максимално и минимално дозволената количина на вода во резервоарот и дискретизацијата на волуменот на резервоарот. Користејќи ги овие влезни податоци и менувајќи ги тежинските фактори и други параметри можат да се развијат стратегии и сценарија за оптимизација на користењето на водата од резервоарот Кнежево.

Првата оптимизација ги дефинира горните и долните граници на резервоарот во секој месец табела 7.4.

Месец	Поплави(м ³)	Тежински фактор поплави	Рекреација(м ³)	Тежински фактор Рекреација
1	28000000	1	3000000	0.7
2	27000000	1	3000000	0.7
3	25000000	1	3000000	0.7
4	25000000	1	3000000	0.7
5	27000000	1	3000000	0.7
6	29000000	1	6000000	0.7
7	30000000	1	6000000	0.7
8	30000000	1	6000000	0.7
9	29000000	1	3000000	0.7
10	25000000	1	3000000	0.7
11	25000000	1	3000000	0.7
12	28000000	1	3000000	0.7

Табела 7.4 Влезни податоци за поплави и рекреација во првата симулација

Дефинираме променлива горна граница која е минимална во месеците Март-Април и Октомври-Ноември во периодот кога има најмногу врнежи и реален ризик од поплави. Минималните количини на вода во браната ги поставуваме на 3 и 6 милиони м³ вода кои во летниот период ќе се користат за рекреација. Овие податоци се повторуваат во секоја година од симулацијата 1961-2001. Тежинскиот фактор за рекреацијата е помал од тежинскиот фактор на поплавите. Табелата со

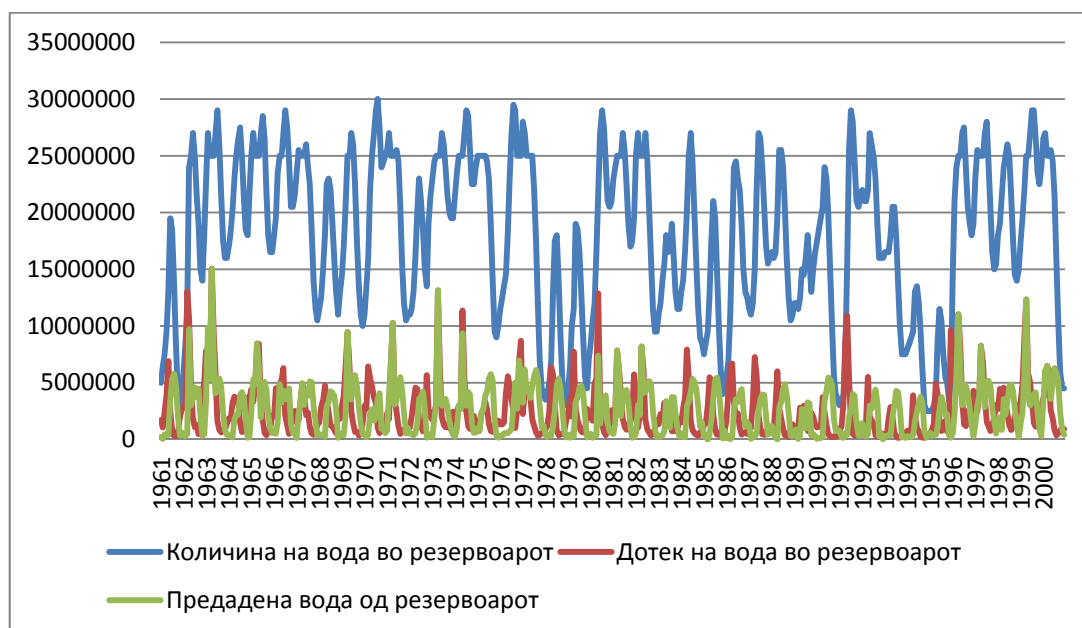
вкупните потреби за вода има тежински фактор 0.8. Тежинскиот фактор на вкупните потреби за вода е поголем од тежинскиот фактор на рекреацијата затоа што е приоритетно задоволувањето на потребите за вода на корисниците додека е помал од тежинскиот фактор на поплавите од кои може да настанат огромни штети. Дискретизацијата на волуменот на резервоарот во првата симулација е на 500.000 m^3 како што е прикажано во табелата 7.5.

0	0
1	500000
2	1000000
3	1500000
4	2000000
5	2500000
6	3000000
7	3500000
--	--
60	30000000

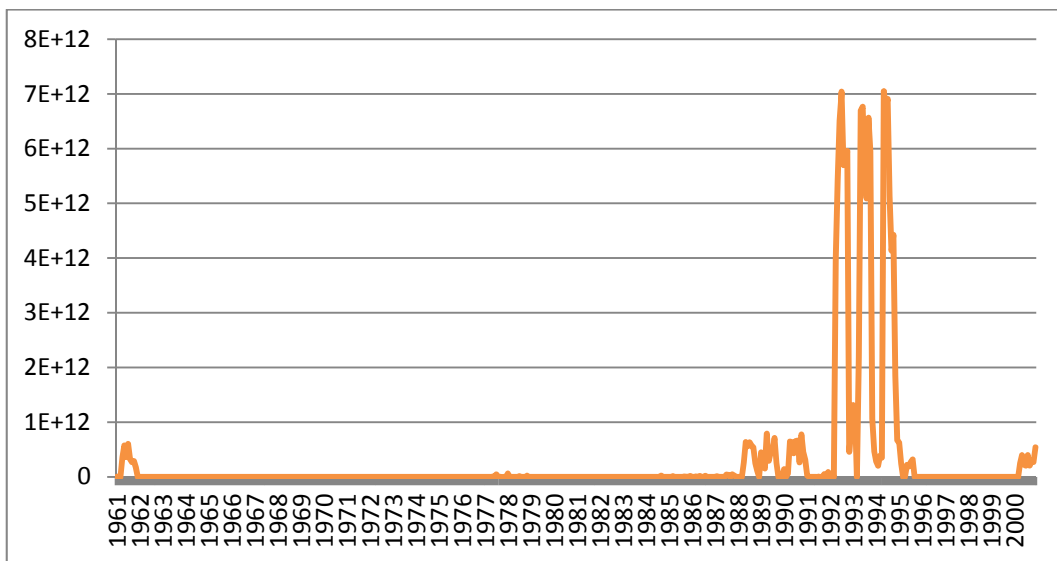
Табела 7.5 Дискретизација на волуменот на резервоарот Кнежево

Резултатите од првата симулацијата и оптимизација на резервоарот Кнежево се дадени на слика 7.11 и 7.12.

Слика 7.11 График од првата симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево



Слика 7.12 График за СКД за првата симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево.



и следната табела на сумарни резултати:

Просечна количина на вода во резервоарот (m^3)	18.072.917
Просечна количина на дотек на вода во резервоарот (m^3)	2.539.221
Просечна доставена вода од резервоарот (m^3)	2.539.221
Вкупна СКД од сите периоди	$1,43 \cdot 10^{14}$
Табела 7.6 Сумарни резултати од првата симулација и оптимизација	

Првата симулација (табела 7.6) има просечна количина на вода во резервоарот $18.072.917 \text{ m}^3$, дотек и доставена вода од резервоарот $2.539.221 \text{ m}^3$ и вкупна сума на квадратни девијации (СКД) $1,43 \cdot 10^{14}$. Сумата на квадратни девијации ја покажува големината на незадоволените барања за водоснабдување, поплави и рекреација. Подетално објаснување на сумата на квадратни девијации и нејзиното пресметување е дадено во поглавјето 5.3.

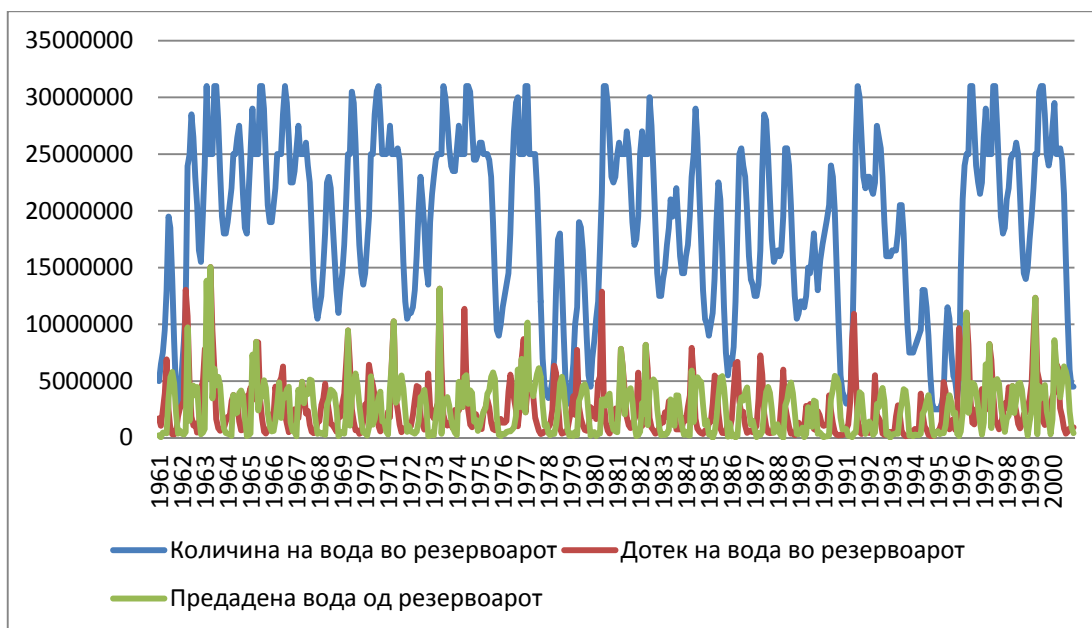
За втората симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево ги користиме следните податоци. Горната граница на резервоарот ја ограничуваме во месеците Март, Април, Октомври и Ноември. Тежинскиот фактор на потребите за вода го зголемуваме на 1, табела 7.7. Дискретизација на волуменот на резервоарот е иста како во првата симулација.

Месец	Поплави (m^3)	Тежински фактор поплави	Рекреација (m^3)	Тежински фактор Рекреација
1	0	0	3000000	0.7
2	0	0	3000000	0.7
3	25000000	1	3000000	0.7
4	25000000	1	3000000	0.7
5	0	0	3000000	0.7
6	0	0	6000000	0.7
7	0	0	6000000	0.7
8	0	0	6000000	0.7
9	0	0	3000000	0.7
10	25000000	1	3000000	0.7
11	25000000	1	3000000	0.7
12	0	0	3000000	0.7

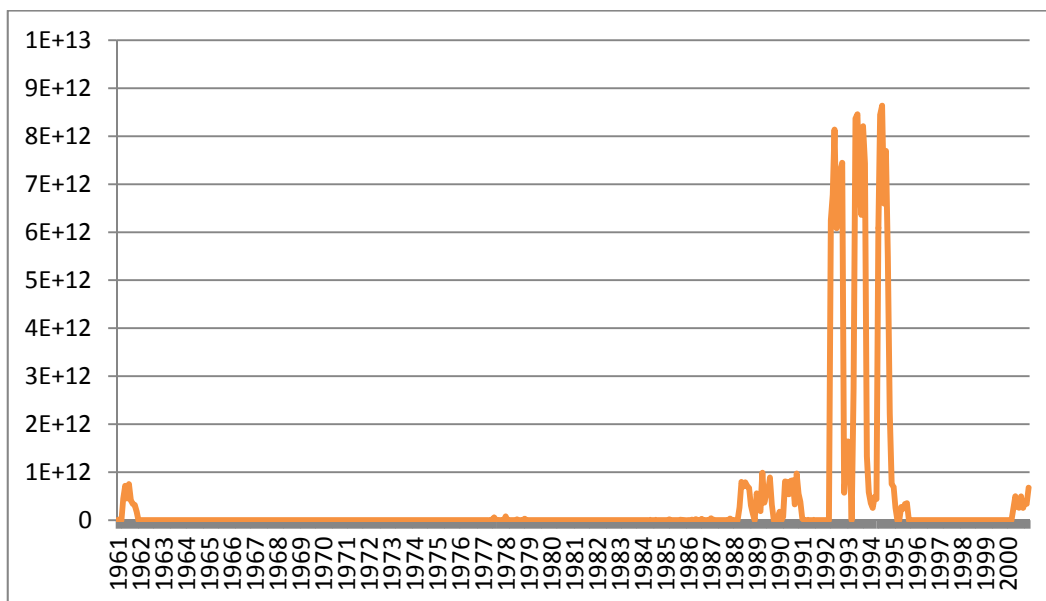
Табела 7.7 Влезни податоци за поплави и рекреација во втората симулација

Резултатите од втората симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево е даден на графициите 7.13 и 7.14 и табелата 7.7 подолу.

Слика 7.13 График од втората симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево



Слика 7.14 График за СКД за втората симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево.



Просечна количина на вода во резервоарот (м ³)	18.968.750
Просечна количина на дотек на вода во резервоарот (м ³)	2.539.221
Просечна доставена вода од резервоарот (м ³)	2.539.221
Вкупна СКД сума на квадратни девијации од сите периоди	1,77E+14
Табела 7.7 Сумарни резултати од втората симулација и оптимизација	

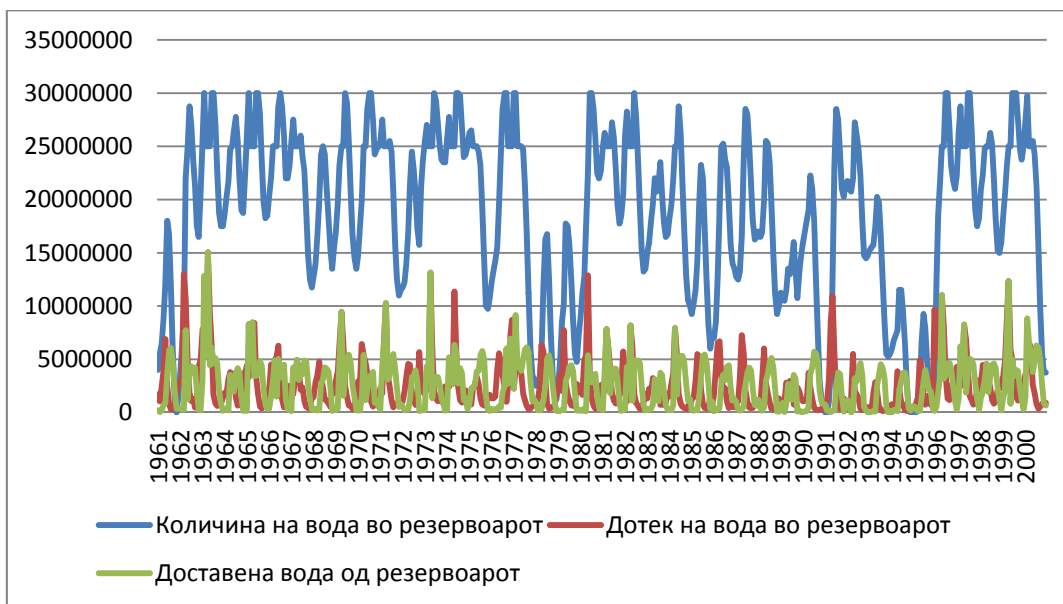
Забележуваме дека резултатите кои ги добиваме се слични со првата симулација и оптимизација. Разликата е во просечната количина на вода во резервоарот која во втората симулација е поголема затоа што немаме ограничување на горната граница во повеќето временски периоди. Количините на доставена вода и дотек на вода се исти што покажува дека обработката на податоци е точна. Вредноста на сумата на квадратни варијации е зголемена што покажува послаба оптимизација на системот.

Месец	Поплави (m^3)	Тежински фактор поплави	Рекреација (m^3)	Тежински фактор Рекреација
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	25000000	1	0	0
4	25000000	1	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	3000000	1
7	0	0	3000000	1
8	0	0	3000000	1
9	0	0	0	0
10	25000000	1	0	0
11	25000000	1	0	0
12	0	0	0	0

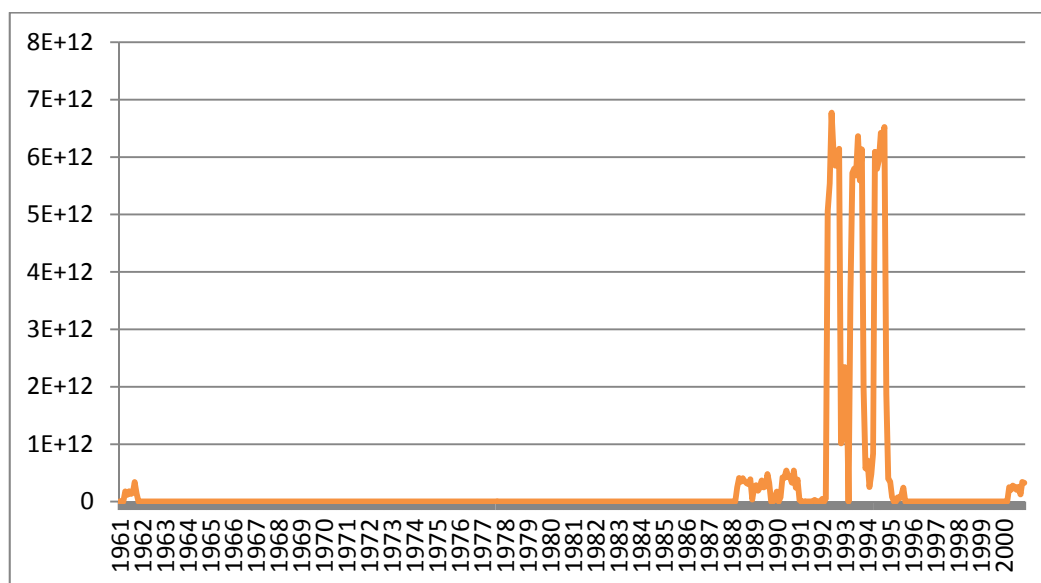
Табела 7.8 Влезни податоци за поплави и рекреација во третата симулација

Во третата симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево ги користиме податоците дадени во табела 7.8. Во оваа симулација ограничувањата за количина на вода во резервоарот се во месеците март, април, октомври и ноември за горна граница и долна граница во месеците јуни, јули и август. Дискретизацијата на волуменот на резервоарот е на 250.000 m^3 . Резултатите од третата симулација и оптимизација се дадени на графициите 7.15 и 7.16 и табелата 7.8.

Слика 7.15 График од третата симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево



Слика 7.16 График за СКД за третата симулација и оптимизација на резервоарот Кнежево.



Просечна количина на вода во резервоарот (м ³)	18.682.813
Просечна количина на дотек на вода во резервоарот (м ³)	2.539.221
Просечна доставена вода од резервоарот (м ³)	2.539.221
Вкупна СКД од сите периоди	1,45E+14
Табела 7.8 Сумарни резултати од третата симулација и оптимизација	

Просечната количина на вода во резервоарот е поголема од првата симулација но помала од втората симулација. Истите резултати за дотек и доставена вода од резервоарот се контрола на резултатите и покажуваа дека обработката на податоци е точна. Вредноста на сумата на квадратни девијации е помала од втората и приближна со првата симулација. Графиците покажуваат дека сумата на квадратни девијации е слична кај сите три симулации и се јавува во истиот

временски период од 1993 до 1995 година кога дотекот на вода во резервоарот Кнежево е најмала.

Представените симулации и оптимизации ги презентираат можностите на хидро-информациониот систем. Целта не е да се направи детална оптимизација на ХС Злетовица туку да се покаже дека хидро-информациониот систем е моќна облак платформа за изградба на специјализирани апликации за оптимизација на водни ресурси.

8 Дискусија и заклучоци

Поглавјето ги дискутира тестирањето на хидро-информациониот систем, истражувачките прашањата, заклучоците и препораките за иден развој на хидро-информациониот систем на Република Македонија.

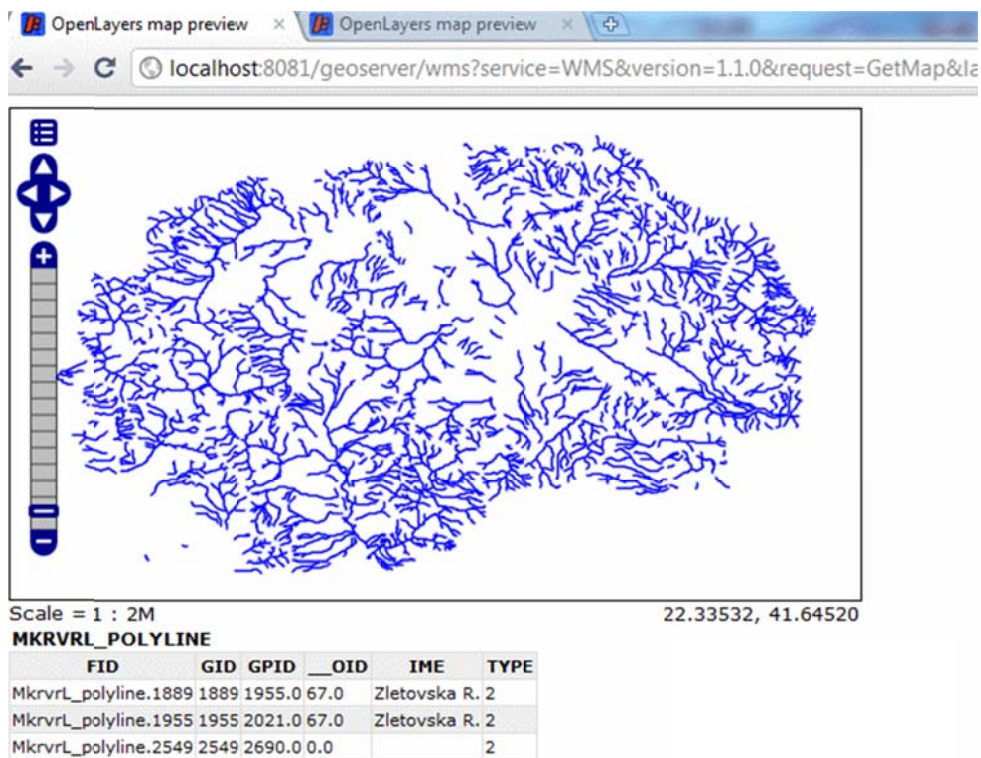
8.1 Тестирање и дискусија на хидро-информациониот систем на Република Македонија

Хидро-информациониот систем е тестиран со имплементација на моделот на ХС Злетовица. Прикажаните резултати (поглавје 7.1-7.5) покажуваат дека хидро-информациониот систем може успешно да ги моделира водните ресурси. Понатамошното тестирањето на облак апликацијата на хидро-информациониот систем е во испитување и оценување на трите главни сервиси. Облак апликацијата со трите главни сервиси и останати компоненти е поставен на сервер на Факултетот за Информатика во универзитетот “Гоце Делчев“ во Штип.

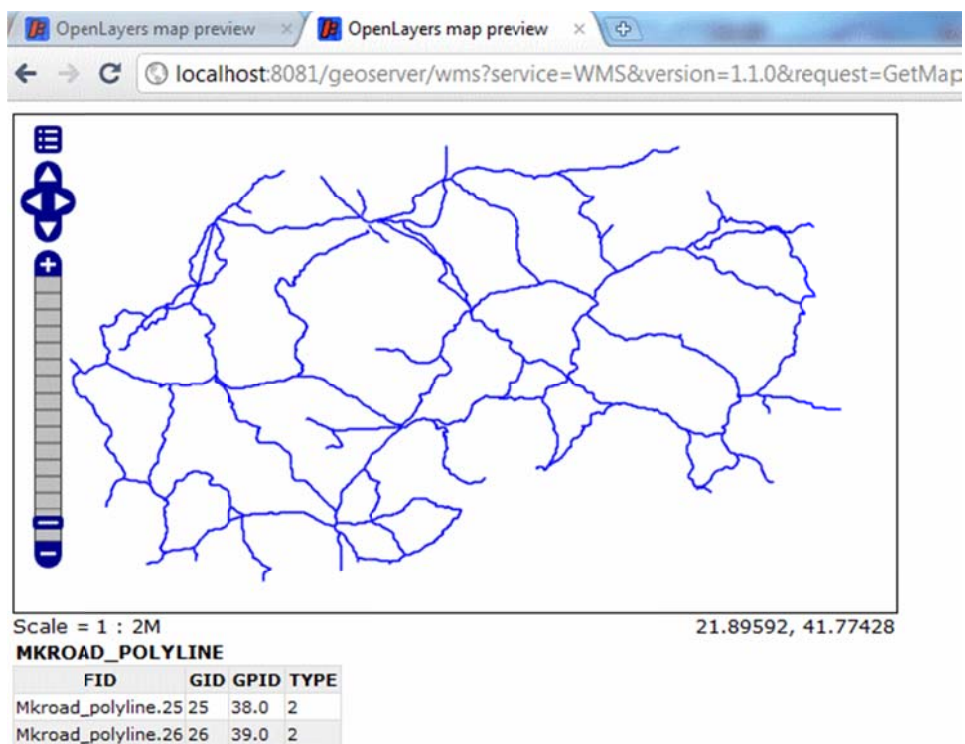
Започнуваме со тестирање на Геосерверот како сервис за прикажување на геопросторните податоци на Република Македонија на интернет. Заради тестирање на апликацијата Геосервер направен е нов податочен извор. Податочниот извор е директориум на геопросторни информации т.е shapefile векторски податоци кои се прикажуваат на интернет (табела 6.7). Податочниот извор содржи повеќе мапи меѓу кои се и мапата на реки прикажана на слика 8.1 и мапата на регионални патишта на слика 8.2 во Република Македонија.

Ова покажува дека освен податочниот извор НМаk многу лесно можеме да вклучиме и други извори на податоци. Хидро-информациониот систем на Република Македонија содржи голем број на геопросторни податоци кои можат да се вклучат во моделирањето на водните ресурси.

Слика 8.1 Мапа на реки во Република Македонија



Слика 8.2 Мапа на регионални патишта во Република Македонија



Тестирањето на сервисот за оптимизација на водни ресурси беше извршено со моделирањето на ХС Злетовица (поглавје 7). Освен оптимизацијата на ХС Злетовица, сервисот е континуирано тестиран од корисници кои пристапуваат на хидро-информациониот систем. Временските низа од 480 податоци од ХС Злетовица се добар тест за можностите на апликацијата за оптимизација на водни ресурси.

Понатамошното тестирање на апликацијата за оптимизација на водни ресурси се направи со зголемување на дискретизацијата на количината на вода во резервоарот. Другите влезни низи дотекот, потребите за вода, заштитата од поплави и рекреација заедно со нивните тежински фактори се преземени од последната симулација 3 (поглавје 7.4). Дискретизацијата на третата симулацијата е 250.000 m^3 додека за првото тестирање е 100.000 m^3 што креира 300 нивоа на количина на вода во резервоарот. Добиените резултати се дадени во табела 8.1.

Просечна количина на вода во резервоарот (m^3)	19.100.417
Просечна количина на дотек на вода во резервоарот (m^3)	2.539.221
Просечна доставена вода од резервоарот (m^3)	2.539.221
Вкупна СКД од сите периоди	$1,42 \cdot 10^{14}$
Табела 8.1 Сумарни резултати од првото тестирање	

Како што можеме да видиме од резултатите од табела 8.1 има зголемување на просечната количина на вода во резервоарот и мало намалување на вкупната сума на квадратни девијации. Оваа симулација и оптимизација има најдобри резултати што директно е зависно од големината на дискретизацијата на резервоарот.

Понатамошните експерименти со зголемување на бројот на дискретизирачки нивоа на резервоарот покажаа дека сме блиску до границата на стандардно резервираните мемориски капацитети на Java. Експериментите со над 600 дискретизирачки нивоа појавија грешка во Java heap size. Ова директно ги

покажува недостатоците на динамичкото програмирање кои се објаснети во поглавје 5. Алгоритамот на динамичко програмирање врши пребарување по сите можни состојби на системот. Имплементираниот алгоритам во Java креира матрици од типот:

```
double [][][] allocated = new double [fD][sD][sD];
```

каде fD е бројот на периоди, sD бројот на состојби (дискретизирани нивоа на резервоарот) и бројот на акции. Во нашиот случај тоа се :

$fD=480$ $sD=600$ или матрицата алоцира

$172.800.000 \times 8 \text{ bytes} = 1.382.400.000 \text{ bytes}$ или 1,3 GBytes

Направен е уште еден тест во кој имаме различни 335 дискретизирачки нивоа така што капацитетот од 1-10 милиони е дискретизиран на 200.000 m^3 додека остатокот од 10-30 милиони е дискретизиран на 70.000 m^3 . Во развивањето и дизајнирањето на апликацијата ДП една од главните цели беше апликацијата да ја подржува оваа можност како и да може лесно да се поврзува со ново развиени компоненти. Можноста за нерегуларни дискретизирачки нивоа овозможува погусто дискретизирање на нивоата во резервоарот кои почесто се користат и поретко дискретизирани на нивота (посебно многу ниските).

Просечна количина на вода во резервоарот (m^3)	19.095.583
Просечна количина на дотек на вода во резервоарот (m^3)	2.539.221
Просечна доставена вода од резервоарот (m^3)	2.539.221
Вкупна СКД од сите периоди	$1,42 \cdot 10^{14}$
Табела 8.2 Сумарни резултати од второто тестирање	

Обработката на податоци е забрзана на поретки нивоа додека добиваме на прецизност и подобрување на оптимизацијата на погустите нивоа. Менувањето на дискретизирачки нивоа ги зголемува можностите за обработка на податоци и е

многу битна карактериска во апликацијата ДП. Резултатите од нерегуларниот GRID се дадени во табела 8.2. Можеме да забележиме дека тие се исти како резултати од првото тестирање. Постои мало намалување на просечната количина на вода во резервоарот што се должи на намалената дискретизација на резервоарот во делот од 1-10 милиони m^3 . Зголемената дискретизација во вториот дел од 100.000 m^3 на 70.000 m^3 не даде промени во резултатот. Тоа се должи на фактот дека дискретизацијата од 100.000 m^3 е доволна за обработка на овие податоци и со понатамошно зголемување на дискретизацијата нема да се добијат подобри резултати. Ако ги разгледаме податоците за дотекот и побарувачката за вода нивниот просек е 2.539.221 по месец така што зголемување на дискретизацијата од 100.000 m^3 на 70.000 m^3 нема влијание врз обработката на податоците. Затоа при моделирањето и оптимизацијата исклучително е важно да се димензионирани параметрите во системот.

Главното тестирање на облак апликацијата со веб сервисите се реализира од страна на 30 студенти во период од два часа. Сите студенти имаа еднаков пристап до апликацијата и до трите сервиси:

- 1) Прегледување и симнување на мапи преку веб сервисот Геосервер.
- 2) Цртање, модифицирање, бришење на геоподатоци преку сервисот за моделирање на водни ресурси.
- 3) Оптимизација и симулација преку сервисот за оптимизација на водни ресурси со користење на динамичко програмирање.

На почетокот беше објаснета постапката за користење на апликацијата, а потоа студентите имаа задача да го тестираат системот. Заклучоците од тестирањето се следните:

- Геосерверот работеше нормално што беше очекувано затоа што сличната апликација се користи во многу информациски сервери низ светот. Корисниците пребаруваа и пристапуваа на мапите на Геосерверот без никакви проблеми или задоцнувања.
- Сервисот за моделирање на водни ресурси работеше нормално со голем број на корисници. Корисниците можеа во исто време да работат и соработуваат на исти векторски податоци на пр. во исто време да цртаат реки и да ги внесуваат нивните атрибути. Сервисот е дизајниран за колаборација на повеќе

корисници во исто време во иста работна околина. Моделирање на водни системи може да се реализира од повеќе географски одалечени корисници кои работат на исти проект, иста работна околина, соработуваат помеѓу себе и заеднички го градат моделот.

- Сервисот за оптимизација на водни ресурси работеше нормално. Користењето на сервисот од страна на повеќе корисници создаваше задоцнување во одговорот затоа што обработката на податоците со апликацијата ДП користи големи компјутерски ресурси.
- Облак апликацијата хидро-информационен систем беше стабилна и сите сервиси работеа нормално и при поголемото оптеретување од страна на корисниците.

Тестирањето покажа дека моделот на хидро-информационен систем на Република Македонија дизајниран и имплементиран во докторската теза е функционална прототип облак апликација. Апликацијата и нејзините сервиси и со поголем број на корисници работат стабилно. Представената апликација на хидро-информационен систем ги овозможува сите предности кои ги нудат облак апликациите и за нејзино користење е потребно само интернет поврзување. Корисниците на апликацијата не мора да се грижат за верзиите на апликацијата, платформата на која работи, процесот на колаборација и многу други прашања. Апликацијата дава можности за колаборација, контрола на проектот и неговата имплементација во реално време.

8.2 Одговори на истражувачките прашања

Одговорите на истражувачките прашања на докторската теза се следните:

- 1) Како да се развие модерен хидро-информационен систем?

Првото истражувачко прашање е во основа главната цел на докторската теза т.е креирање на прототип облак платформа за хидро-информационен систем која е основа за развој на специјализани апликации. Основата на модерниот хидро-информационен систем се ГИС (поглавје 2) кои ги репрезентираат географските објекти и карактеристики на хидро-системите. Развојот на ГИС и новите интернет

стандарди (поглавје 3) даваат можност за креирање на облак апликации за моделирање на водните ресурси. Дизајнот на модерниот хидро-информационен систем се базира на најновите технологии, стандарди (поглавје 3.1) и софтверски компоненти во ИТ како обработка во облак (поглавје 4.1.1) и сервис ориентираната архитектура (поглавје 4.1.2). Софтверските решенија можат да се базираат на комерцијални или отворен код компоненти (поглавје 4.2) за имплементација на хидро-информациониот систем. Архитектурата на представеното решение е облак апликација составена од неколку развиени веб сервиси (поглавје 4.3) кои се базираат на софтвери од отворен код.

- 2) Кои технологии и софтверски пакети се потребни за развивање на хидро-информационен систем?

Технологиите и софтверски пакети потребни за изградба на хидро-информациониот систем генерално можат да се поделат на комерцијални и отворен код (поглавје 4.2). Истражувањата покажаа дека софтверите со отворен код се пофлексибилни и успешно имплементирани во изградбата на слични системи. Постојат голем број на софтверски компоненти кои можат да се користат во изградбата на хидро-информациониот систем. Во презентираниот докторски труд се користеа повеќе компоненти од кои најважни се PostgreSQL и PostGIS како релациона база на податоци, Geosever како веб сервис апликација за менаџирање, огранизирање и пристап до геопросторните податоци, OpenLayers библиотеката за изработка на специјализирани веб геопросторни апликации и Java за креирање на апликација за оптимизација на водни ресурси.

- 3) На кој начин да се огранизираат и менаџираат геоподатоците и останатите податоци на хидро-информациониот систем ?

За организација и менаџирање на геоподатоците и останатите податоци во хидро-информациониот систем се користат релационата база HMap креирана во PostgreSQL и PostGIS и Геосервер апликацијата како веб сервис (поглавје 6.1 и 6.2). Релационата база HMap ги содржи векторските мапи за водните ресурси на Република Македонија и креираните мапи и податоци потребни за работа на хидро-информациониот систем. Геосервер веб сервисот овозможува пребарување, прикажување и менаџирање на векторските мапи од HMap. Освен оваа функција

Геосервер е и меѓуслој кој ги подржува OGC стандардите (WFS,WMS и други) со кои се дава пристап на другите веб сервиси на геоподатоците од HMap.

4) Како да се моделираат водните ресурси?

Водните ресурси и компоненти на хидро-системите ефикасно можат да се моделираат со користење на веб базиран ГИС. Секој од објектите на хидро-системите и останатите карактеристики на системот е поврзан со географска информација. Во докторскиот труд е креиран прототип модел на водните ресурси (поглавје 6.1) каде се дефинирани следните векторски мапи: реки, канали, резервоари, корисници, дотек на вода и земјоделско земјиште. Секоја од векторските мапи ги содржи географските координати и атрибутната табела на податоци кои го определуваат објектот. Развиен е веб сервис за моделирање на водните ресурси (поглавје 6.3) со користење на веб интерфејс и алатки за обработка на геопросторни податоци.

5) Како да се оптимизира користењето на водните ресурси ?

Оптимизацијата на користењето на водните ресурси во докторската теза е објаснето преку оптимизација на работата на резервоарот (поглавје 5). Оптимизацијата на резервоарот е извршена со користење на алгоритмот за динамичко програмирање. Развиена е апликација ДП во Јава која за влез ги користи временските низи за дотек на вода, потреби за вода, ограничувања за максимална и минимална количина на вода во резервоарот во одредени периоди и дискретизација на количината на вода во резервоарот. Резултатот од апликацијата ДП е оптимална крива на резервоарот т.е патеката по која треба да се движи резервоарот за ограничувањата и потребите да бидат максимално задоволени.

6) Кои се можностите на хидро-информациониот систем?

Представениот хидро-информационен систем се базира на облак и сервис ориентираната архитектура. Сите компоненти на системот почнувајќи од базата на податоци, апликациите, сервисите, се дизајнирани да бидат дистрибуирани и интероперативни. Скалабилноста е вградена во решението бидејќи сите стандарди и софтверски компоненти овозможуваат вклучување на компјутерски ресурси без поголеми промени во кодот. Надградбата на системот е покажана со креирањето на сервисот за моделирање на водни ресурси кој директно го користи Геосервер

како податочен извор. Сите сервиси во системот можат да се модифицираат креирајќи нови сервиси и апликации. Системот може да се надгради со креирање на нови сервиси кои директно можат да се вклучат во веб интерфејсот на облак апликацијата.

- 7) Кои се резултатите од тестирањето на прототип имплементацијата на хидро-информациониот систем?

Во поглавјето 7 прикажана е успешна имплементација на хидро-информациониот систем на Злетовица. Векторизирани се сите слоеви на податоци кои ги содржат реките, резервоарот, корисниците, земјоделското земјиште, дотокот на вода и каналите за наводнување и внесени се нивните атрибути во базата на податоци HМаk. Потоа внесени се податоците за потребите за вода на населението и земјоделието, горната и долната граница на резервоарот и неговата дискретизација и се направени три симулации и оптимизации за работата на резервоарот Кнежево. Моделирањето на хидро-системот Злетовица покажува дека креираниот хидро-информационен систем може успешно да ги моделира водните ресурси. Истиот е подлога за креирање на хидро-информационен систем на Република Македонија.

- 8) Кои се слабости и предности на хидро-информациониот систем и препораките за натамошни истражувања?

Ова прашање е детално објаснето во поглавје 8.1 и 8.4.

8.3 Заклучок

Резултатот од докторската теза е креирање на облак апликација за хидро-информационен систем на Република Македонија. Облак апликацијата е составена од следните компоненти:

- 1) Релациона база на податоци HМаk развиена во PostgreSQL и PostGIS во која се складираат сите геопросторни и останати податоци за хидро-информациониот систем на Република Македонија.
- 2) Веб сервис Геосервер - задолжен за прикажување и менаџмент на векторските мапи и геоподатоци од HМаk (1). Основна задача на

Геосерверот е како меѓуслој апликација да ги абстрахира дистрибуираните податочни извори и да дава платформа за пристап до геопросторните податоци од страна на создадените сервиси на хидро-информациониот систем.

- 3) Апликација за оптимизација на водните ресурси ДП со користење на динамичко програмирање во Java.
- 4) Веб сервис апликација за оптимизација на водните ресурси која е составена од претходно развиената апликација (3), форми за внесување податоци и презентирање на резултатите на интернет.
- 5) Веб сервис за моделирање на водни ресурси базиран на OpenLayers библиотеката која ги подржува OGC стандардите за геопросторни веб сервиси. Сервисот е поврзан со Геосерверот (2) и со WMS и WFS трансакциите врши внесување, менување, зачувување на геоподатоците и моделирање на водните ресурси.
- 6) Интеграција на сите претходно наведени компоненти (1-5) во облак апликацијата за хидро-информационен систем на Република Македонија.

Дизајнот на хидро-информациониот систем се базира на две основни парадигми кои се меѓусебно поврзани, облак и сервис ориентираната архитектура. Хидро-информациониот систем е целосно веб ориентиран што овозможува обработка на податоци и пристап до сервисите независно од физичката локација. Единствено потребно за работа со хидро-информациониот систем е веб пребарувач и интернет конекција. Дефинирани се три главни сервиси (реден број 2,4,5) кои се претставени на два веб интерфејси. Веб сервисите даваат можност за менаџирање со мапите и податоците, моделирање на водните ресурси и нивна оптимизација. Облак апликацијата е изградена со користење на неколку програмски јазици (JavaScript, AJAX, PHP, Java), додатни апликации (Eclipse, Geoserver, PostgreSQL, PostGIS), библиотеки (OpenLayers), геопросторни стандарди (OGC), протоколи (WMS, WFS) и друго. Компонентите и софтверските пакети кои се користат во развојот на хидро-информациониот систем се отворен код.

Хидро-информациониот систем представува облак платформа за развивање на специјализирани апликации. Концептот и составните компоненти на системот овозможуваат негова лесна надградливост, интероперабилност, хетерогеност, дистрибуираност и скалабиност.

Представениот хидро-информациониот систем е успешно применет во моделирање на ХС Злетовица. Со ова се покажа неговата функционалност и можноста да се користи како основа за понатамошен развој на хидро-информациониот систем на Република Македонија.

8.4 Препораки за понатамошно истражување

Понатамошните истражувања за развој на хидро-информациониот систем можат да бидат во неколку сегменти. Првиот сегмент е складирањето на податоците кој моментално се врши во релационата база HMac развиена во PostgreSQL и PostGIS и директориум со shape (ESRI) фајлови. Надградбата што може да се имплементира е вклучување на уште една релациона база на податоци која ќе биде на друг компјутерски систем, со друг оперативен систем. Во неа можат да бидат складирани дел од податоците од HMac. Потоа да се направи поврзување на Геосервер апликацијата со оваа база на податоци. Геосерверот на тој начин ќе ги менаџира и прикажува податоците од хетерогени и дистрибуирани бази на податоци. Освен дистрибуираноста и хетерогеноста на базите на податоци се овозможува и скалабилност на компјутерските ресурси.

Следен сегмент во кој може да се подобри хидро-информациониот систем е неговиот интерфејс. Веб интерфејсот на апликациите е основен и со подобрувања може да се зголеми неговата функционалност. Потребно е подобрување во представувањето на различните слоеви од мапата. Потребни се нови функции и слоеви за моделирање на водни системи. Прво треба да се разгледаат креираните слоеви т.е векторски мапи за нивна надградба и промена на атрибутна структура, како и воведување на нови слоеви кои ќе го подобрат моделирањето на водните ресурси. Битен сегмент кој не е обработен во докторската теза е меѓуповрзаноста на објектите. Потребно е да се направи табела која ќе ги содржи меѓузависностите на објектите од системот. Сегашното ниво на апликација е базично и има за цел да ги представи објектите и нивните карактеристики. Во моменталната верзија на апликацијата создадени се основите за поврзување на објектите помеѓу себе. Пример за тоа е дефинираниот атрибут на слојот реки, `vliva_vo` со кој се

определува во кој објект се влива реката. Сепак ова е прототип апликација чија цел е да се покаже базична функционалност.

Многу битен сегмент кој мометално се истражува во светски рамки е сигурноста на облак апликациите. Прототип апликацијата дава еднакви кориснички права и пристап до алатките и ресурсите. Реалната имплементација на системот бара креирање на корисници и кориснички групи. Различните корисници и кориснички групи ќе имаат сопствен работен простор т.е посебни векторски мапи за моделирање на водни системи, посебен простор за чување на податоците од оптимизацијата, пристап до одредени алатки за одредени корисници на системот итн. Сегментот за сигурност и дефинирањето на корисничките групи е исклучително важен при реалната имплементација на системот. Тој ќе вклучува сигурносни протоколи за корисничките податоци и трансакции. Едно од можните решенија е додавање на сигурносни пораки во SOAP комуникацијата помеѓу различните целини на системот.

Во делот за оптимизација на водните ресурси потребно е подобрување на кодот и можностите на апликацијата ДП. Моменталната имплементација на кодот е со три ограничувања, вкупната потреба за вода од резервоарот, максимална количина на вода во резервоарот за заштита од поплави и минимална количина на вода во резервоарот заради рекреација и заштита од суши. Потребно е делот за вкупна потреба на вода од резервоарот да се подели на неколку групи т.е потреба за водоснабдување на население, наводнување, индустрија, производство на електрична енергина итн. Веќе се направени првите чекори во овој правец со дефинирање на IWaterUser интерфејс и различните корисници на вода.

Понатамошните истражувања во оптимизацијата на водните ресурси е развивање на апликација СДП која е базирана на алгоритмот за стохастичко динамичко програмирање. Сепак треба да се имаат предвид можностите и ограничувањата за оптимизација со ДП и СДП (curse of modelling и curse of dimensionality) (Bellman 1957). Решение за оптимизација на водни ресурси може да се истражува во другите методи од вештачка интелигенција и машинско учење како учење со поттикнување (Reinforcement Learning), дрва на одлука (Decision Trees), невронски мрежи (Artificial Neural Networks) и други.

Представеното решение на модел на хидро-информационен систем на Република Македонија е функционално прототип решение кое може да се користи како основа за развивање на државен хидро-информационен систем. Предностите на системот е неговата интероперабилност, дистрибуираност, хетерогеност и скалабилност. Сопствениот развиен код за имплементацијата на хидро-информациониот систем дава можност за негово лесно унапредување и надградување со вклучување на нови сервиси и компоненти.

9 Референци

- Akinci, H. (2004). Geospatial Web services for e-municipality, CiteSeer.
- Alameh, N. S. (2001). "Scalable and extensible infrastructures for distributing interoperable geographic information services on the Internet."
- Andersson, E. A., Greenspun P., Grumet A. and Books24x I. (2006). *Software engineering for internet applications*, MIT Press.
- Arc. (2010). from <http://www.arcweb.com/Research/Studies/Pages/Geospatial-Info-Systems.aspx>.
- Aronoff, S. (1989). "Geographic information systems: a management perspective." *Geocarto International* 4(4): 58-58.
- Beck, A. (2006). "Google Earth and World Wind: remote sensing for the masses." *Antiquity* 80: 308.
- Bellman, R. (1957). "Dynamic Programming, Princeton." *NJ: Princeton UP*.
- Bellman, R. and Dreyfus S. (1962). "Applied dynamic programming."
- Bellman, R., Dreyfus S. and Rand Corp Santa Monica C. (1959). *Functional approximations and dynamic programming*, Defense Technical Information Center.
- Boag, S., Chamberlin D., Fernandez M. F., Florescu D., Robie J., Siméon J. and Stefanescu M. (2002). "XQuery 1.0: An XML query language. W3c working draft." *World Wide Web Consortium (W3C)*.
- Booth, B., Mitchell A. and Environmental Systems Research I. (2001). *Getting started with ArcGIS*, ESRI.
- Booth, D., Haas H., McCabe F., Newcomer E., Champion M., Ferris C. and Orchard D. (2004). "Web Services Architecture, W3C Working Group Note 11 February 2004." *World Wide Web Consortium*, article available from: <http://www.w3.org/TR/ws-arch>.
- Bradner, S. (1999). "The Internet Engineering Task Force." *Open sources: Voices from the open source revolution*: 47-52.
- Brantner, M., Florescu D., Graf D., Kossmann D. and Kraska T. (2008). Building a database on S3, ACM.
- Burrough, P. A. (1986). "Principles of geographical information systems for land resources assessment." *Geocarto International* 1(3): 54-54.
- Carr, N. G. (2008). *The big switch: Rewiring the world, from Edison to Google*, WW Norton & Company.
- Casagrande, L., Bellezza M., Casadei S. and Pierleoni A. "An Hydrogeological Web-GIS Platform for Water Resource Management and Consensus Reaching at the Basin Scale."
- Castelletti, A., Pianosi F. and Soncini-Sessa R. (2008). "Water reservoir control under economic, social and environmental constraints." *Automatica* 44(6): 1595-1607.

- Chinnici, R., Moreau J. J., Ryman A. and Weerawarana S. (2004). "Web services description language (WSDL) version 2.0 part 1: Core language." *W3C working draft* **26**.
- Christensen, E., Curbera F., Meredith G. and Weerawarana S. (2001). Web services description language (WSDL) 1.1, Citeseer.
- Clement, L., Hatley A., von Riegen C. and Rogers T. (2004). "UDDI Version 3.0. 2." *UDDI Spec Technical Committee Draft* **10**.
- Coppock, J. T. and Rhind D. W. (1991). "The history of GIS." *Geographical information systems: Principles and applications* **1**: 21–43.
- Cox, S., Daisey P., Lake R., Portele C. and Whiteside A. (2004). "OpenGIS Geography Markup Language (GML) Implementation Specification." *Retrieved August* **20**: 2005.
- de La Beaujardière, J. (2002). "Web map service implementation specification." *Open GIS Consortium* **82**.
- Delipetrov, B., Mihajlov D. and Delipetrov M. (2008). Geo-database model of the Republic of Macedonia, IEEE.
- Delipetrov, B., Panovska S., Delipetrov M. and Dimov G. (2005). "Digital model of the Basic Geological Map of the Republic of Macedonia." *GEOLOGICA MACEDONICA* **19**.
- Deoliveira, J. (2008). GeoServer: uniting the GeoWeb and spatial data infrastructures.
- Di, L. (2005). "A framework for developing Web-service-based intelligent geospatial knowledge systems." *Annals of GIS* **11**(1): 24-28.
- Di, L., Yang W., Deng M., Deng D. and McDonald K. (2002). Interoperable access of remote sensing data through NWGIS, IEEE.
- Erl, T. (2005). *Service-oriented architecture: concepts, technology, and design*, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA.
- ESRI. from <http://www.esri.com/>.
- Evans, J. D. (2003). Web Coverage Service (WCS), Version 1.0. 0. OpenGIS© Implementation Specification. Open GIS Consortium Inc.
- Flügela, W. A., Böhma B., Buscha C. and Kralischa S. (2005). Tisza River Information System (TRIS)—A GeoData Server and Spatially Enabled Internet Applications for Water Resources Management, Citeseer.
- Geomajas. from <http://www.geomajas.org/>.
- Geoserver. from www.geoserver.org/.
- Gillett, F. E. (2008). "Future View: The New Tech Ecosystems of Cloud, Cloud Services, and Cloud Computing." *Future*.
- gislounge. (2010). from <http://gislounge.com/gis-market-to-grow-by-50-over-the-next-five-years/>.
- Groot, R. and McLaughlin J. D. (2000). *Geospatial data infrastructure: Concepts, cases, and good practice*, Oxford University Press.
- Gudgin, M., Hadley M., Mendelsohn N., Moreau J. J., Nielsen H. F., Karmarkar A. and Lafon Y. (2001). "SOAP Version 1.2." *W3C working draft* **9**.
- Gudgin, M., Hadley M., Mendelsohn N., Moreau J. J., Nielsen H. F., Karmarkar A. and Lafon Y. (2003). SOAP version 1.2 part 1: Messaging framework, June.
- Gw, E., St E., Jb G., Jo H., Jk L., Cj P., Cb S., K-C W. and Dl W. "The South Carolina Digital Watershed: End-to-End Support for Real-Time Management of Water Resources." *International Journal of Distributed Sensor Networks* **2010**.
- Hall, W. A. and Buras N. (1961). "The Dynamic Programming Approach to Water-Resources Development." *Journal of Geophysical Research* **66**(2): 517-520.

- Halpin, P. N., Read A. J., Best B. D., Hyrenbach K. D., Fujioka E., Coyne M. S., Crowder L. B., Freeman S. A. and Spoerri C. (2006). "OBIS-SEAMAP: developing a biogeographic research data commons for the ecological studies of marine mammals, seabirds, and sea turtles." *Marine Ecology Progress Series*.
- Hirsch, F. and Just M. (2003). "XML Key Management (XKMS 2.0) Requirements." *W3C Note* 5.
- Iso, T. C. (2004). "211." *Geographic information–Geography Markup Language (GML)(Committee Draft, version 3.1. 0)*, Open Geospatial Consortium.
- Jacobson, D. H. and Mayne D. Q. (1970). *Differential dynamic programming*, Elsevier Publishing Company.
- Knorr, E. and Gruman G. (2008). "What cloud computing really means." *InfoWorld*.
- Kralidis, A. T. (2007). "Geospatial web services: The evolution of geospatial data infrastructure." *The Geospatial Web*: 223-228.
- Kreger, H. (2001). "Web services conceptual architecture (WSCA 1.0)." *IBM Software Group* 5: 6-7.
- Kresse, W. and Fadaie K. (2004). *ISO standards for geographic information*, Springer Verlag.
- Longley, P. and Batty M. (2003). *Advanced spatial analysis: the CASA book of GIS*, Esri Press.
- Maguire, D. J. (1991). "An overview and definition of GIS." *Geographical Information Systems: Principles*: 9.
- Mapfish. from <http://www.mapfish.org/>.
- Mapinfo. from <http://www.pbinsight.com/welcome/mapinfo/>.
- Mapserver. from <http://mapserver.org/>.
- McFedries, P. (2008). "The cloud is the computer." *IEEE Spectrum Online*, August.
- OGC. from <http://www.opengeospatial.org/>
- Open, G. I. S. Consortium, OpenGIS Specifications, 2003.
- OpenLayers. from <http://openlayers.org/>.
- OpenLayers_s. from <http://trac.osgeo.org/OpenLayers/wiki/Future/AdvancedEditing>.
- OSGeo. from <http://www.osgeo.org/>. .
- Pianosi, F. and Soncini-Sessa R. (2009). "Real-time management of a multipurpose water reservoir with a heteroscedastic inflow model." *Water Resources Research* 45(10): W10430.
- Piccardi, C. and Soncini-Sessa R. (1991). "Stochastic dynamic programming for reservoir optimal control: dense discretization and inflow correlation assumption made possible by parallel computing." *Water Resources Research* 27(5): 729-741.
- Read, E. G. (1989). "A dual approach to stochastic dynamic programming for reservoir release scheduling." *Dynamic Programming for Optimal Water Resources Systems Analysis (AO Esogbue, Ed.)*: 361—372.
- Sachs, J. and McArthur J. (2005). "The Millennium Project: a plan for meeting the millennium development goals." *Lancet* 365(9456): 347-353.
- Schrader-Patton, C., Ager A. and Bunzel K. GeoBrowser deployment in the USDA forest service: a case study, ACM.
- Sherman, G. (2008). "Desktop GIS: Mapping the Planet with Open Source Tools."
- Sonnet, J. (2004). OWS 2 Common Architecture: WSDL SOAP UDDI., Open Geospatial Consortium, Inc.
- Stevens, H. and Pettey C. "Gartner Says Cloud Computing Will Be As Influential As E-business." *Gartner Newsroom, Online Ed.*

- Tait, M. G. (2005). "Implementing geoportals: applications of distributed GIS." *Computers, Environment and Urban Systems* **29**(1): 33-47.
- Trip, F. "2011 California GIS Conference At-A-Glance Fresno–March 28-31, 2011."
- Tsalgatidou, A. and Pilioura T. (2002). "An overview of standards and related technology in Web services." *Distributed and Parallel Databases* **12**(2): 135-162.
- uDig. from <http://udig.refractive.net/>.
- Vretanos, P. (2002). "Web Feature Service Implementation Specification." *OpenGIS project document: OGC: 02-058*.
- Whiteside, A. (2005). "OGC Web services common specification." Retrieved August 20: 2005.
- Whiteside, A., Müller M. U., Fellah S. and Warmerdam F. (2005). "Web Coordinate Transformation Service (WCTS)." Online: <https://portal.opengeospatial.org/files>.
- Winer, D. (1999). Xml-rpc specification, January.
- Yakowitz, S. (1982). "Dynamic programming applications in water resources." *Water Resources Research* **18**(4): 673-696.
- Yeh, W. W. G. (1985). "Reservoir management and operations models: A state-of-the-art review." *Water Resources Research* **21**(12): 1797-1818.

10 Прилог 1

#

Листа на векторските мапи и нивните атрибути кои се наоѓаат во геопросторната база HМаk.

1.		
<i>Име на мапа</i>	MkPolit - политички граници на Р. Македонија	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор
TYPE	SmallInteger	тип на Граница:
	1 – сувоземна граница меѓу Р. Македонија и соседна држава	
	2 – водна граница меѓу Р. Македонија и соседна држава	
	11 – сувоземна граница меѓу соседните држави на Р. Македонија	
	21 – водна граница меѓу соседните држави на Р. Македонија	

2.		
<i>Име на мапа</i>	Cprezidn – Граница на населено место	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор на населено место
IME	Character (30)	име на населено место

3.		
<i>Име на мапа</i>	Mkpeak – Врвови	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на врв
IME	Character (30)	име на врв
HEIGHT_M	Integer	височина на врв во метри
TYPE	SmallInteger	тип на врв
	врв	
	триангуларна точка	

4.		
<i>Име на мапа</i>	Mklake – Езера	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор на езеро
SUFFIX	Character (30)	тип на езеро – описно
IME	Character (30)	име на езеро
TYPE	SmallInteger	тип на езеро:
	1 – езеро	
	3 - брана	

5.		
<i>Име на мапа</i>	MkLake2P – Точкасти објекти за визуелизација на блата	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор

6.			
Име на мапа	MkRvrL – Реки		
Атрибути	Податочен тип на атрибут		
GPID	Integer	единствен идентификатор на графички примитив	река
OID	Integer	единствен идентификатор на објект	река
IME	Character (30)	име на река	
TYPE	SmallInteger	тип на река:	
	1 – голема		
	2 – средна		
	3 – мала		

7.			
<i>Име на мапа</i>	MkRvrR – Реки		
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>		
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор графички примитив на река	
OID	Integer	единствен идентификатор на објект	река

IME	Character (30)	име на река
-----	-------------------	-------------

8.		
<i>Име на мапа</i>	MkRoad – Патишта	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на пат
TYPE	SmallInteger	тип на пат:
	1 – првокласен пат	
	2 – второкласен пат	

9.		
<i>Име на мапа</i>	MkRail – железничка пруга	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на железничка пруга

10.		
<i>Име на мапа</i>	MkSetlmn – Населени места	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на населено место
IME	Character (30)	име на населено место
TYPE	SmallInteger	тип на населено место:
	1 – големо	

	2 – средно
	3 – мало

11.		
<i>Име на мапа</i>	Line – Тектонски линии	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на линија
TYPE	Integer	тип на линијата / според легендата
VALUE	Character (10)	изглед на линијата

12.		
<i>Име на мапа</i>	PntLn – Точкасти објекти за визуелизирање на тектонски линии	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор
TYPE	Integer	тип на линијата

13.		
<i>Име на мапа</i>	Point1 – Тектонски точки	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на точка
TYPE	SmallInteger	тип на точка:
	1 – црн круг	
	4 – црн квадрат	

VALUE	Character (5)	големина на точката
-------	---------------	---------------------

14.		
<i>Име на мапа</i>	Point2 – Тектонски точки	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на точка
TYPE	Integer	тип на точка:
	13 – вулкан	
	14 – сулфатар	

15.		
<i>Име на мапа</i>	Region – Тектонски региони	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на регион
TYPE	Integer	тип на регион
COLOR	Float	број за боја на регион

16.		
<i>Име на мапа</i>	RegLn – Линиски објекти за визуелизирање на тектонски региони	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор

17.		
<i>Име на мапа</i>	Line_m – Имиња на тектонски линии	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор
LABEL_m	Integer	име на тектонска линија
TYPE	SmallInteger	тип на тектонска линија

18.		
<i>Име на мапа</i>	Border_m – Имиња на соседни држави	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор
LABEL_m	Character (20)	име на соседна држава

19.		
<i>Име на мапа</i>	MkPeak_m – Имиња на врвови	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор за врв
LABEL_m	Character (50)	име на врв

20.		
<i>Име на мапа</i>	MkPkM_m – Имиња на височини на врвови	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор на врв
LABEL_m	Integer	натпис на височина на врв во метри

21.		
<i>Име на мапа</i>	MkMont_m – Имиња на планини, објастии, низини	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор
OID	Integer	единствен идентификатор за име на планина, област, низина
LABEL_m		име на планина, објаст, низина

22.		
<i>Име на мапа</i>	MkLake_m – Имиња на езера	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор на езеро
Label_m	Character (30)	име на езеро

23.		
<i>Име на мапа</i>	MkRvr_m – Имиња на реки	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	

OID	SmallInteger	единствен идентификатор на река
LABEL_m	Character (30)	име на река

24.		
<i>Име на мапа</i>	MkSetl_m – Имиња на населени места	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на населено место
LABEL_m	Character (50)	име на населено место
TYPE	SmallInteger	тип на населено место:
	1 – големи	
	2 – средни	
	3 - мали	

25.		
<i>Име на мапа</i>	TcLake – Езера	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор за езеро
IME	Character (30)	име на езеро

26.		
<i>Име на мапа</i>	TcRiver – Реки	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор за река
IME	Character (30)	име на езеро

27.		
<i>Име на мапа</i>	TcSetlmn – Населени места	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на населено место
IME	Character (30)	име на населено место
TYPE	SmallInteger	тип на населено место:
	1 – големи	
	2 – средни	

28.		
<i>Име на мапа</i>	Tcrezidn – Граница на населено место	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на населено место
IME	Character (30)	име на населено место

TYPE	SmallInteger	тип на населено место:
	4 – главен град	

29.		
<i>Име на мапа</i>	TcLine – Тектонски линии	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на линија
TYPE	Integer	тип на линија

30.		
<i>Име на мапа</i>	TcDistr – Тектонски зони	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	Единствен идентификатор на зона
NOMER	Character (5)	број на зоната
IME	Character (100)	име на зоната

31.		
<i>Име на мапа</i>	TcZone – Тектонски зони	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на зона
TYPE	Integer	број на зоната

IME	Character (100)	име на зоната
-----	--------------------	---------------

32.		
<i>Име на мапа</i>	TcZnLn – Линиски објекти на тектонски зони	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор

33.		
<i>Име на мапа</i>	TcZnP1 – Точкасти објекти на тектонски зони	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор

34.		
<i>Име на мапа</i>	TcZnP2 – Точкасти објекти на тектонски зони	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор

35.		
<i>Име на мапа</i>	TcBord_m – Имиња на соседни држави	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор

36.		
<i>Име на мапа</i>	TcLake_m – Имиња на езера	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор на езеро
Label_m	Character (20)	натпис на име на езеро

37.		
<i>Име на мапа</i>	TcRvr_m – Имиња на реки	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
OID	SmallInteger	единствен идентификатор на река
Label_m	Character (20)	натпис на име на река

38.		
<i>Име на мапа</i>	TcSetl_m – Имиња на населени места	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	Integer	единствен идентификатор на населено место
LABEL_m	Character (20)	натпис на име на населено место

39.		
<i>Име на мапа</i>	TcDist_m – Имиња на тектонски зони	

<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор
LABEL_m	Character (5)	натпис на име на тектонска зона
40.		
<i>Име на мапа</i>	TcZone_m – Имиња на тектонски зони	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
GPID	SmallInteger	единствен идентификатор
LABEL_m	SmallInteger	натпис на тектонска зона

41.		
<i>Име на мапа</i>	OGK—1 – Литолошки единици	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
Geoint	Integer	единствен идентификатор
Symbol	Character[15]	ознака за староста/составот за литолошка единица
Period	Character[45]	определува временскиот период на создавање на литолошка единица
Era	Character[30]	поширок временски интервал и содржи неколку периоди во кој припаѓа геолошката единица
Opis_na_karpa	Character[150]	ја определува литолошката градба на единица

42.		
<i>Име на мапа</i>	Granici – Граници	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
Granicaint	Integer	единствен идентификатор
Tip_na_granici	Integer	Тип на граници

43.		
<i>Име на мапа</i>	Rased – Раседи	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
Rasedint	Integer	единствен идентификатор
Opis_R	Integer	Тип на расед

44.		
<i>Име на мапа</i>	Anti_Sink – Антиклинали и синклинали	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	
Ant_Sin_int	Integer	единствен идентификатор
Ant_Sin	Integer	антиклинали
	2 - синклинали	

45.		
<i>Име на мапа</i>	Elemе_pad – Елементи на пад	
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>	

ID	Integer	единствен идентификатор
Ime	Integer	тип на елемент на пад
Agol_na_pad	Integer	Агол на пад

46.	
<i>Име на мапа</i>	Simbols – Символи
<i>Атрибути</i>	<i>Податочен тип на атрибут</i>
Внесени се ознаки на литолошките единици	

11. Прилог 2.

Низа на податоци за дотек и вкупни потреби за вода од браната Кнежево.

		Просек	Просек
		2.539.221,47	1.858.935,54
		Q_{knez}- Дотеци	Q- Потреби
1	1961	1.712.628,15	129.600,00
2		1.058.437,24	162.540,93
3		2.449.930,52	129.600,00
4		3.926.255,98	1.095.379,95
5		6.891.379,29	1.236.012,46
6		2.458.966,46	4.131.147,84
7		836.826,46	6.202.876,71
8		302.972,09	6.442.810,65
9		296.518,78	5.379.060,35
10		562.123,23	2.437.294,33
11		1.859.628,89	129.600,00
12		2.623.693,72	129.600,00
13	1962	2.863.105,77	129.600,00
14		3.276.450,58	129.600,00
15		13.028.428,81	129.600,00
16		10.715.592,34	129.600,00
17		4.993.100,56	1.241.293,61
18		1.834.411,66	3.376.208,24
19		1.082.747,13	4.238.770,23
20		1.238.965,08	3.597.177,49
21		465.809,95	4.103.862,28
22		890.423,28	1.670.629,68
23		4.305.471,00	129.600,00
24		4.956.695,22	129.600,00
25	1963	7.809.799,20	129.600,00
26		7.836.660,40	129.600,00
27		5.321.393,75	129.600,00
28		15.032.928,34	129.600,00
29		9.463.132,63	129.600,00
30		6.081.558,76	129.600,00
31		1.609.978,99	4.436.112,05
32		856.061,96	4.955.446,02
33		616.851,69	4.427.951,03
34		795.274,61	1.972.260,47
35		851.616,87	709.975,36
36		1.424.470,45	162.824,69
37	1964	1.849.358,28	129.600,00
38		1.802.840,80	129.600,00
39		3.184.142,59	129.600,00
40		3.772.634,13	371.676,92
41		3.645.672,33	1.969.266,59

42		3.230.500,99	1.738.544,00
43		1.425.774,18	3.468.871,95
44		658.114,73	4.144.403,23
45		715.046,10	3.530.248,06
46		1.183.223,79	1.208.693,25
47		3.661.242,69	129.600,00
48		3.707.504,32	129.600,00
49	1965	4.409.223,68	129.600,00
50		3.320.298,75	129.600,00
51		4.858.949,73	129.600,00
52		8.450.138,42	129.600,00
53		8.412.684,67	129.600,00
54		3.442.029,67	1.787.188,91
55		1.679.926,05	3.444.601,64
56		561.397,50	4.563.715,75
57		376.878,51	4.228.357,15
58		630.293,67	2.022.869,59
59		983.647,22	544.703,31
60		2.065.878,91	129.600,00
61	1966	2.110.648,12	129.600,00
62		4.501.638,90	129.600,00
63		3.054.833,60	129.600,00
64		4.869.999,96	129.600,00
65		5.250.802,79	1.294.343,41
66		6.280.439,34	129.600,00
67		2.055.080,16	3.254.732,65
68		1.243.853,93	3.849.646,31
69		486.236,88	4.250.844,55
70		1.295.415,07	1.173.331,25
71		1.585.285,09	129.600,00
72		2.516.844,69	129.600,00
73	1967	2.137.300,64	129.600,00
74		1.732.482,86	129.600,00
75		3.214.826,08	129.600,00
76		4.917.304,25	129.600,00
77		4.052.343,70	2.820.955,69
78		2.147.037,97	3.920.905,50
79		2.356.878,70	3.597.457,89
80		1.122.042,88	4.695.199,19
81		540.397,61	4.626.982,19
82		407.537,57	2.527.743,22
83		553.407,08	1.083.266,37
84		1.355.254,28	240.934,45
85	1968	1.482.206,26	129.600,00
86		2.847.647,91	129.600,00
87		3.437.281,38	129.600,00
88		4.756.657,01	129.600,00
89		3.453.114,15	2.481.539,83
90		2.356.473,18	2.953.335,98
91		1.232.866,79	4.149.961,29
92		1.111.102,79	3.879.442,18
93		840.994,86	3.607.781,84

94		538.857,59	2.171.206,58
95		2.155.152,79	129.600,00
96		1.849.431,06	129.600,00
97	1969	2.989.229,29	129.600,00
98		3.864.720,21	129.600,00
99		6.619.597,58	129.600,00
100		9.451.958,96	129.600,00
101		6.567.095,99	858.558,46
102		2.522.206,99	3.468.507,14
103		1.402.313,45	4.742.913,47
104		662.183,07	5.268.079,37
105		646.956,35	4.405.003,51
106		356.657,25	2.577.787,68
107		445.357,83	1.218.519,52
108		1.473.063,19	129.600,00
109	1970	2.930.077,02	129.600,00
110		2.701.943,52	129.600,00
111		6.428.191,05	129.600,00
112		5.405.803,00	129.600,00
113		4.657.321,25	1.105.029,96
114		3.653.558,36	1.216.737,21
115		3.186.598,05	1.041.115,76
116		1.032.470,90	3.486.640,26
117		560.859,10	3.681.563,47
118		1.438.367,91	835.551,27
119		1.449.609,61	129.600,00
120		1.068.490,33	564.544,69
121	1971	2.295.379,98	129.600,00
122		1.810.257,35	129.600,00
123		6.768.266,39	129.600,00
124		10.252.853,36	129.600,00
125		3.583.881,27	2.912.080,33
126		2.427.564,26	3.395.517,44
127		1.139.313,96	4.886.989,84
128		493.671,51	5.330.653,30
129		836.432,51	3.996.502,44
130		749.591,93	2.002.743,77
131		1.028.309,62	488.796,11
132		1.017.422,78	622.173,92
133	1972	1.047.063,14	474.241,72
134		1.971.567,41	129.600,00
135		3.359.842,10	129.600,00
136		4.560.882,83	129.600,00
137		4.456.620,07	1.107.690,03
138		1.583.194,08	3.105.176,22
139		1.225.614,63	3.430.580,81
140		714.524,56	3.790.660,95
141		1.253.266,23	2.536.548,75
142		5.658.004,73	129.600,00
143		2.711.207,39	129.600,00
144		1.971.993,18	129.600,00
145	1973	1.721.534,98	129.600,00

146		2.338.995,88	129.600,00
147		3.069.810,07	129.600,00
148		13.128.111,08	129.600,00
149		6.347.234,79	129.600,00
150		1.992.294,92	2.692.260,73
151		1.322.793,54	3.289.691,65
152		1.076.915,01	3.254.080,20
153		1.329.305,54	2.413.627,18
154		1.103.880,19	1.256.023,83
155		836.460,81	728.947,30
156		2.441.814,67	129.600,00
157	1974	2.241.667,00	129.600,00
158		2.427.972,46	129.600,00
159		2.986.526,31	129.600,00
160		2.708.990,17	1.525.205,97
161		11.352.310,36	129.600,00
162		5.513.266,23	129.600,00
163		2.483.863,98	2.673.524,71
164		1.169.905,76	3.937.247,92
165		936.666,15	3.561.987,69
166		1.424.931,82	992.418,05
167		2.078.873,71	129.600,00
168		1.603.521,15	129.600,00
169	1975	1.006.268,47	533.782,54
170		773.264,10	702.179,21
171		2.279.344,93	129.600,00
172		2.655.597,21	2.085.281,03
173		3.344.381,05	3.715.395,19
174		2.683.143,25	3.750.929,20
175		1.364.130,84	5.321.655,65
176		762.387,45	5.603.677,68
177		660.159,54	4.713.794,73
178		1.266.527,49	1.438.559,25
179		1.256.226,01	203.496,50
180		1.653.017,39	129.600,00
181	1976	1.331.945,90	129.600,00
182		1.330.035,44	129.600,00
183		1.503.490,98	129.600,00
184		4.070.042,29	129.600,00
185		5.560.237,07	486.955,06
186		4.718.616,20	225.381,25
187		3.427.369,68	790.946,71
188		2.423.229,71	1.534.386,00
189		1.012.014,20	3.044.903,37
190		2.711.613,44	129.600,00
191		6.943.392,14	129.600,00
192		8.692.875,93	129.600,00
193	1977	2.249.146,02	129.600,00
194		4.149.893,35	129.600,00
195		4.300.071,88	129.600,00
196		4.467.210,97	679.022,52
197		3.660.521,34	3.724.936,29

198		1.774.224,11	4.880.452,21
199		1.149.466,98	5.887.729,70
200		620.850,05	6.067.874,77
201		345.633,27	5.363.126,21
202		391.767,86	2.687.794,82
203		574.011,64	1.057.474,13
204		691.376,10	990.114,33
205	1978	906.321,54	679.657,54
206		1.221.347,60	129.600,00
207		2.446.643,01	129.600,00
208		6.341.116,51	129.600,00
209		5.677.113,18	1.007.638,80
210		3.089.627,24	2.412.716,09
211		800.638,20	4.928.916,31
212		361.706,69	5.157.731,06
213		436.189,18	4.348.106,27
214		478.041,64	2.295.763,81
215		713.677,57	882.644,06
216		1.675.801,38	129.600,00
217	1979	2.380.368,87	129.600,00
218		3.647.719,77	129.600,00
219		2.014.151,92	129.600,00
220		7.726.523,31	129.600,00
221		2.757.126,52	2.785.457,22
222		1.713.164,29	3.376.024,76
223		1.076.945,40	4.103.281,19
224		692.644,38	4.257.010,29
225		626.287,48	3.774.375,73
226		893.145,85	1.639.208,07
227		2.689.720,32	129.600,00
228		1.927.996,52	129.600,00
229	1980	2.491.874,29	129.600,00
230		1.656.363,84	129.600,00
231		4.863.333,08	129.600,00
232		5.382.385,03	129.600,00
233		12.870.262,74	129.600,00
234		3.392.309,53	865.655,81
235		1.336.572,64	2.727.567,82
236		652.986,56	3.372.539,64
237		379.505,33	3.500.625,24
238		927.796,80	1.391.049,93
239		1.222.460,62	245.763,11
240		2.573.804,65	129.600,00
241	1981	1.498.524,13	129.600,00
242		2.425.411,99	129.600,00
243		7.828.307,90	129.600,00
244		6.172.038,81	129.600,00
245		4.059.049,70	1.765.799,59
246		1.834.411,66	3.209.552,07
247		1.129.160,94	3.977.988,38
248		854.694,45	3.970.864,29
249		1.214.209,67	2.857.110,37

250		1.600.166,62	663.222,82
251		2.155.613,23	129.600,00
252		5.726.243,95	129.600,00
253	1982	2.552.386,38	129.600,00
254		1.042.754,32	192.218,00
255		2.134.694,20	129.600,00
256		8.175.679,88	129.600,00
257		6.107.255,57	625.938,40
258		1.705.313,74	3.711.482,48
259		892.740,60	4.737.410,23
260		630.422,63	4.704.562,64
261		364.988,73	4.410.485,38
262		461.776,91	2.304.108,02
263		930.083,03	611.753,52
264		1.709.584,53	129.600,00
265	1983	1.333.985,64	129.600,00
266		2.246.178,59	129.600,00
267		1.872.423,42	129.600,00
268		3.221.375,24	653.294,53
269		1.877.681,71	2.924.271,69
270		2.779.094,41	1.829.569,71
271		3.053.158,35	921.294,92
272		730.934,69	3.655.310,45
273		729.977,46	3.245.868,44
274		730.498,55	1.744.814,95
275		969.987,58	561.802,07
276		1.753.581,19	129.600,00
277	1984	1.525.040,67	129.600,00
278		2.729.910,11	129.600,00
279		3.703.204,96	129.600,00
280		7.908.246,72	129.600,00
281		5.403.124,93	1.478.724,88
282		1.701.824,60	4.032.001,12
283		833.998,12	5.194.618,42
284		564.098,34	5.146.281,82
285		411.303,59	4.576.367,76
286		333.780,56	2.552.211,25
287		636.170,65	979.665,14
288		513.818,14	1.190.486,70
289	1985	1.295.230,70	129.600,00
290		1.415.303,75	129.600,00
291		3.002.598,61	129.600,00
292		5.471.841,66	129.600,00
293		5.264.214,80	1.464.534,07
294		2.195.536,92	3.433.826,52
295		815.142,51	5.082.677,27
296		427.347,23	5.219.843,26
297		405.082,19	4.501.329,93
298		379.038,94	2.464.124,42
299		1.597.716,89	129.600,00
300		765.227,63	906.773,61
301	1986	1.631.786,71	129.600,00

302		4.276.316,91	129.600,00
303		6.530.104,07	129.600,00
304		6.683.487,16	129.600,00
305		3.225.588,94	2.866.501,80
306		2.055.971,60	3.456.758,56
307		2.282.979,21	3.029.158,94
308		1.044.094,74	4.203.933,36
309		431.350,32	4.377.565,63
310		530.371,65	2.231.273,21
311		649.216,37	963.334,86
312		493.391,12	1.213.538,39
313	1987	734.983,93	929.728,97
314		1.054.916,59	169.203,13
315		3.443.125,86	129.600,00
316		7.255.822,22	129.600,00
317		5.556.405,07	333.877,09
318		2.130.115,68	2.607.354,22
319		1.015.302,06	3.748.652,61
320		470.423,83	4.184.346,05
321		414.759,92	3.812.756,31
322		437.733,40	2.173.732,99
323		930.083,03	611.753,52
324		1.147.055,80	475.884,35
325	1988	690.109,80	995.223,86
326		925.215,18	414.639,45
327		3.172.818,93	129.600,00
328		6.001.556,02	129.600,00
329		2.800.236,55	3.691.691,75
330		1.831.794,81	4.169.694,17
331		960.910,88	5.348.004,04
332		370.595,51	5.715.683,09
333		430.659,05	4.747.159,19
334		219.220,28	2.770.895,26
335		844.902,16	718.380,65
336		1.326.970,71	272.852,17
337	1989	510.613,26	1.257.203,45
338		391.112,89	1.425.330,85
339		1.055.658,15	492.089,72
340		2.806.877,26	1.299.273,15
341		2.178.493,99	3.284.028,37
342		2.964.890,74	2.213.293,99
343		2.958.880,30	1.724.101,42
344		771.960,03	4.213.540,09
345		678.132,47	3.745.465,60
346		2.347.778,49	129.600,00
347		1.968.368,79	129.600,00
348		1.288.473,63	316.295,74
349	1990	1.051.822,52	467.295,29
350		1.109.326,73	129.600,00
351		1.122.869,60	405.453,44
352		3.719.709,53	1.117.464,82
353		2.395.002,18	4.287.410,24

354		1.270.916,68	5.004.883,12
355		451.084,20	6.356.208,68
356		266.664,67	6.176.958,68
357		212.910,09	5.286.871,53
358		275.793,26	2.760.181,97
359		236.357,73	1.480.140,22
360		306.405,32	1.424.550,00
361	1991	740.274,94	922.006,60
362		1.186.326,21	129.600,00
363		3.151.792,97	129.600,00
364		8.549.197,75	129.600,00
365		10.914.250,78	129.600,00
366		5.485.757,16	129.600,00
367		1.610.787,05	2.677.298,96
368		509.734,11	3.859.330,22
369		335.668,89	3.757.308,43
370		832.547,83	1.580.608,35
371		1.332.112,87	129.600,00
372		820.440,93	648.188,58
373	1992	421.580,31	1.387.149,23
374		655.039,83	925.897,14
375		1.251.011,07	240.277,70
376		5.499.015,04	129.600,00
377		1.976.373,89	5.580.663,50
378		1.691.519,67	5.543.835,48
379		1.353.917,36	6.320.318,38
380		381.038,86	7.050.017,82
381		246.815,36	5.946.492,78
382		266.206,52	2.994.913,35
383		452.260,54	1.209.878,88
384		510.238,88	1.072.459,36
385	1993	293.600,57	1.573.938,78
386		322.185,71	1.555.762,98
387		1.889.997,32	129.600,00
388		2.846.391,75	2.001.067,87
389		1.986.980,54	4.879.899,79
390		566.955,03	5.975.046,32
391		280.951,23	6.914.213,79
392		141.312,43	6.663.260,31
393		180.175,21	5.544.666,83
394		200.959,82	2.927.419,58
395		276.838,27	1.429.467,77
396		637.798,60	897.992,87
397	1994	775.406,64	870.731,04
398		746.788,08	752.280,27
399		725.262,88	917.972,79
400		3.872.028,21	1.036.282,32
401		2.117.795,99	4.585.492,85
402		975.038,04	5.382.145,35
403		698.364,49	6.136.968,46
404		254.867,05	6.288.560,97
405		157.961,83	5.431.446,91

406		148.762,46	2.952.940,76
407		180.904,22	1.549.555,45
408		481.248,03	1.112.110,84
409	1995	577.163,52	1.160.071,73
410		821.466,89	610.964,21
411		1.393.906,73	129.600,00
412		4.904.346,34	129.600,00
413		4.083.563,22	1.606.127,72
414		1.707.095,36	3.197.422,25
415		741.176,10	4.320.093,42
416		1.077.507,24	3.499.236,64
417		1.636.385,82	2.121.817,52
418		707.274,17	1.849.931,17
419		1.861.120,65	129.600,00
420		9.653.951,54	129.600,00
421	1996	7.067.833,58	355.500,54
422		5.227.084,05	1.912.426,62
423		6.689.640,07	129.600,00
424		11.011.516,42	129.600,00
425		8.199.241,32	129.600,00
426		3.515.630,02	2.742.378,52
427		1.328.076,13	4.552.747,37
428		1.184.622,17	4.484.568,38
429		2.528.454,05	3.841.113,65
430		1.694.054,57	2.275.360,83
431		2.291.369,41	981.351,22
432		4.288.518,38	129.600,00
433	1997	3.849.266,31	1.105.495,13
434		2.466.383,13	2.046.056,87
435		3.806.013,88	616.739,62
436		8.248.312,85	129.600,00
437		6.867.042,23	129.600,00
438		3.854.291,63	2.850.229,54
439		1.558.025,71	4.825.569,46
440		1.169.689,96	4.801.840,80
441		747.852,61	4.433.821,88
442		1.188.725,80	2.484.783,33
443		2.048.484,25	1.065.584,67
444		3.027.953,89	129.600,00
445	1998	2.667.957,01	1.380.765,31
446		4.450.085,07	1.950.036,84
447		3.340.161,51	768.037,64
448		4.550.275,45	407.474,72
449		3.179.515,16	1.885.711,56
450		2.330.314,40	3.227.660,64
451		1.229.526,31	4.411.276,10
452		836.203,88	4.411.403,64
453		1.205.721,55	4.015.714,55
454		2.088.692,29	2.130.599,03
455		2.218.045,59	1.006.780,18
456		2.698.734,30	192.643,04
457	1999	3.408.778,09	1.208.138,25

458		4.844.470,91	1.930.946,80
459		8.702.122,31	129.600,00
460		12.329.294,22	129.600,00
461		5.815.493,08	129.600,00
462		5.007.353,77	1.452.155,38
463		3.468.015,06	3.280.784,40
464		1.483.266,41	3.869.047,19
465		1.134.497,49	3.767.284,34
466		1.284.978,90	2.275.323,80
467		2.474.678,96	917.778,79
468		2.807.030,21	129.600,00
469	2000	3.629.022,20	1.156.816,69
470		4.085.131,00	1.967.702,24
471		6.480.006,50	129.600,00
472		6.142.120,99	364.094,54
473		2.564.927,31	4.269.392,04
474		1.834.417,04	5.361.827,93
475		788.398,55	6.797.028,95
476		363.350,50	6.566.285,55
477		544.355,30	5.551.031,84
478		818.151,36	2.924.460,50
479		884.468,59	1.469.269,55
480		914.017,55	1.235.989,92